

Onderzoek Milieu-effecten Sigmaplan (OMES)

Deelstudie 7: Water-schor interactie

DS 7.4: Denitrificatie

Tussentijds verslag

ir. S. Van Damme

Prof. Dr. ir. O. Van Cleemput

Laboratorium voor Toegepaste Analytische en Fysische Chemie

Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen

Universiteit Gent

Coupure 653, 9000 Gent

INHOUD

1. INLEIDING EN ALGEMEEN WERKPLAN

1.1. Doelstelling	1
1.2. Denitrificatie	1
1.3. Methoden om denitrificatie te bepalen	2
1.3.1. Helium 'flushing' techniek	2
1.3.2. Acetyleen inhibitie techniek	2
1.3.3. ^{15}N -isotoop techniek	2
1.3.4. Onrechtstreekse bepaling	2
1.4. Werkplan	3
1.4.1. Studie van de toestand bij hoog water	3
1.4.2. Studie van de toestand bij laag water	6
1.4.3. Studie van de specifieke invloed van het getij	7

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1. Algemene basisinformatie	8
2.1.1. Centralisatie van de data van de Zeeschelde tot één geïnformatiseerd bestand	8
2.1.2. Installatie van een datasonde te Kruibeke	8
2.1.3. Maandelijks bootcampagne	8
2.2. Selectie van de bemonsteringspunten	8
2.3. N_2O -fluxbepaling	9
2.3.1. Fluxbepaling 'in situ' - Gasstaalname met de 'gesloten box'-methode	9
2.3.2. Fluxbepaling in het laboratorium - Gasstaalname met de 'soil core'-methode	10
2.3.3. Gasstaalname uit incubatie-recipiënten	10
2.3.4. Experimentele opzet	11
2.3.5. N_2O -bepaling	11
2.3.5.1. Gaschromatografie	11
2.3.5.2. Calibratie van de analyse	12
2.3.5.3. Berekening van de hoeveelheid N_2O in het gasmonster	12
2.4. Consumptie-experimenten	14
2.4.1. Nitraatconsumptie-experimenten	14
2.4.2. Zuurstofconsumptie-experimenten	14
2.5. Karakterisatie van sediment en water	14
2.5.1. Staalname van sediment en water	14
2.5.2. Interstitieel water	15
2.5.3. Sedimentextractie	15
2.5.4. Analyses	15
2.5.4.1. 'In situ'-temperatuur van water en sediment	15
2.5.4.2. Vochtgehalte	15

2.5.4.3.	pH-bepaling	15
2.5.4.4.	Redoxpotentiaal	15
2.5.4.5.	Opgeloste zuurstof	16
2.5.4.6.	Totale C-bepaling	16
2.5.4.7.	Opgeloste organische koolstof (DOC)	16
2.5.4.8.	Nitraat-en ammoniumbepaling	17
2.5.4.9.	Totale N-bepaling	17
3.	RESULTATEN EN DISCUSSIE	18
3.1.	Algemene basisinformatie	18
3.2.	Nitraatconsumptie-experimenten	18
3.2.1.	Karakterisatie van sediment en rivierwater	18
3.2.2.	Verkennd 'long term'-experiment	18
3.2.3.	'Short term'-experimenten	23
3.3.	Zuurstofconsumptie-experimenten	27
3.4.	N ₂ O-fluxbepalingen	30
3.4.1.	Laboratoriumexperimenten	30
3.4.2.	Randparameters bij de veldbepalingen	33
3.4.3.	Veldbepalingen	36
3.4.3.1.	Emissies 'in situ' via de 'gesloten box'-methode	38
3.4.3.2.	Emissies via de 'soil core'-methode	38
3.4.3.3.	Emissies na toediening van acetyleen	38
3.4.4.	Denitrificatie	41
3.5.	Redoxpotentiaal-profiel	44
	BESLUIT	48
	LITERATUURLIJST	
	APPENDIX 1: DATA VAN DE MAANDELIJKSE BOOTCAMPAGNE	

1. INLEIDING EN ALGEMEEN WERKPLAN

1.1. DOELSTELLING

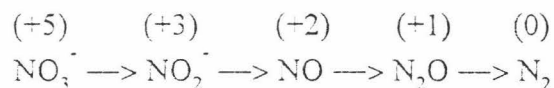
De doelstelling van deze studie is, zoals is vastgelegd in het contract, een antwoord te formuleren op volgende vragen:

- Hoe intens gebeurt denitrificatie in zoetwatergetijdegebieden van de Schelde?
- Welke is de ruimtelijke en temporele variatie van denitrificatie in zoetwatergetijdegebieden, zowel in slikken als in schorren?
- Welke factoren verklaren de variatie? Welke rol speelt het getij als specifieke factor?
- Welk overspoelingsregime is optimaal voor denitrificatie? Hoe gedragen zich de verschillende processen die van belang zijn voor denitrificatie onder getijomstandigheden?

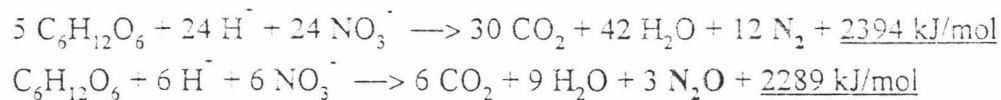
De stikstofverwijdering uit het systeem en de invloed van de getijwerking hierop vormen de kern van de doelstelling.

1.2. DENITRIFICATIE

Denitrificerende microörganismen gebruiken nitraatstikstof als electronacceptor om organisch materiaal te oxideren in anaerobe omstandigheden. De weg die de verschillende electronaccepterende (reducerende) stappen toont is als volgt:



In dit schema zijn NO, N₂O en N₂ gasvormige verbindingen die al dan niet uit het systeem kunnen ontsnappen. Voor NO en N₂O wordt hiermee de reductieketting onderbroken. Een voorstelling van enkele mogelijke enzymatische reacties is als volgt:



Hierbij is beschikbare koolstof voorgesteld als C₆H₁₂O₆. Kort samengevat zijn de factoren die denitrificatie stimuleren: aanwezigheid van nitraat en beschikbare koolstof, en

afwezigheid van zuurstof. De optimale temperatuur situeert zich rond 25 à 30°C. De optimale pH ligt tussen 7 en 8.

1.3. METHODEN OM DENITRIFICATIE TE BEPALEN

Een summiere voorstelling van de principes van de bestaande methoden om denitrificatie te bepalen wordt hierna gegeven. Vooraf kan opgemerkt worden dat een ideale methode niet bestaat. Elke methode onderzoekt slechts in beperkte mate de werkelijkheid. De studie van denitrificatie vereist daarom een gecombineerde aanpak.

1.3.1. Helium 'flushing' techniek

De intensiteit van denitrificatie is veel te laag opdat het eindproduct, N_2 , meetbaar zou zijn tegenover de achtergrondconcentratie van N_2 die zich reeds in de lucht bevindt. Daar kan aan verholpen worden door de atmosfeer van een gesloten ruimte te spoelen met helium. Moleculaire stikstof wordt dan tegenover de verlaagde achtergrondconcentratie wel meetbaar. De methode is echter moeilijk en duur. Bovendien bedraagt de spoeltijd verscheidene dagen waardoor de techniek moeilijk toepasbaar is voor getij-onderzoek. De methode is voor deze studie niet beschikbaar.

1.3.2. Acetyleen inhibitie techniek

Acetyleen is een gas dat de reductie van N_2O naar N_2 inhibeert zodanig dat denitrificatie via een gaschromatograaf meetbaar wordt als accumulatie van N_2O . De methode is behoort tot de meest gebruikte, en is ook voor deze studie beschikbaar. De techniek is eenvoudig en goedkoop, maar is onderhevig aan enkele ernstige tekortkomingen. Tijdens de bespreking van de resultaten wordt hier dieper op ingegaan.

1.3.3. ^{15}N -isotoop techniek

Gemerkte stikstof kan o.a. als nitraat toegediend worden waarna het isotoop in andere stikstoffracties kan worden teruggevonden. Een aanzienlijk deel van het isotoop wordt bij lagere concentraties in proeven met sediment nooit teruggevonden. Hoge aanrijkingen doen de kostprijs echter danig oplopen. De techniek staat voor deze studie in beperkte mate ter beschikking. Bovendien is het niet mogelijk het isotoop in de gasfase te bepalen, wat moeilijkheden oplevert voor studie van denitrificatie.

1.3.4. Onrechtstreekse bepaling

In plaats van denitrificatie als proces te bepalen is het ook mogelijk de verschillende stikstofvoorraden te volgen in de tijd en daaruit de interfererende processen met denitrificatie, zoals b.v. assimilatie van nitraat, af te zonderen. Het opstellen van massabalansen maakt deel uit van deze methode.

1.4. WERKPLAN

Rekening houdend met de beschikbare technische mogelijkheden werd een werkplan opgesteld dat er niet alleen op gericht is denitrificatie onder verschillende omstandigheden zo goed mogelijk te quantificeren, maar ook de processen die interfereren met denitrificatie in te schatten. Dit komt neer op een ontrafeling van de stikstofcyclus waarin denitrificatie als proces centraal geplaatst is. De stikstofcyclus van een getijdegebied is voorgesteld in fig. 1.1 voor de situatie bij hoog water, en in fig. 1.2 voor de situatie bij laag water. Het proces dat het doelwit uitmaakt van deze studie is voorgesteld door pijlen in vet, nl. de verwijdering van nitraat uit de waterkolom door denitrificatie in het sediment met de vorming van inerte atmosferische stikstof als eindproduct. De geplande werkzaamheden kunnen onderverdeeld worden in 3 categorieën: de studie van de toestand bij hoog water, de studie van de toestand bij laag water, en de studie van de specifieke invloed van het getij. De grote richtlijnen van het werkplan zoals opgesteld bij de aanvang van de studie worden hierna uiteengezet. Na de bespreking van de resultaten zullen de nodige bijsturingen worden verantwoord.

1.4.1. Studie van de toestand bij hoog water

Simulatie van de toestand bij hoog water kan in het labo op eenvoudige wijze worden gesimuleerd. Denitrificatie kan bepaald worden via een gecombineerd experiment met volgende opzet. Boven een hoeveelheid sediment wordt water gebracht met een bepaalde nitraatconcentratie. Enerzijds kan de nitraatconsumptie in het bovenliggend water gevolgd worden, anderzijds kan het gasvormig eindproduct via de acetyleen inhibitie techniek worden gemeten. De stikstoffractie die door nitraatconsumptie getransformeerd wordt zal niet helemaal teruggevonden worden met de acetyleen techniek, niet alleen door de tekortkomingen van de techniek, maar ook door de interfererende processen. Deze zijn te zien in fig. 1.1. Een proces dat in de figuur niet is aangeduid is de dissimilatorische reductie van nitraat naar ammonium.

Er bestaat competitie voor nitraat tussen denitrificatie en assimilatie. Nitraat dat uit bovenliggend water verdwijnt kan evengoed als nutriënt algenbloei veroorzaken. Om dit onderscheid enigszins te quantificeren zullen vergelijkende experimenten uitgevoerd worden onder groeilampen, en in duisternis. Wel wordt op die manier enkel de lichtafhankelijke assimilatie bestudeerd.

Nitraat kan in de waterlaag reeds gedenitrificeerd worden. Om dit zoveel mogelijk te vermijden zal gedemineraliseerd water i.p.v. rivierwater gebruikt worden.

Deze experimenten lopen parallel met zuurstofconsumptie-experimenten, waarbij zuurstofverzadigd water op het sediment wordt gebracht. De resultaten van deze experimenten geven een goed beeld van de biologische activiteit van het

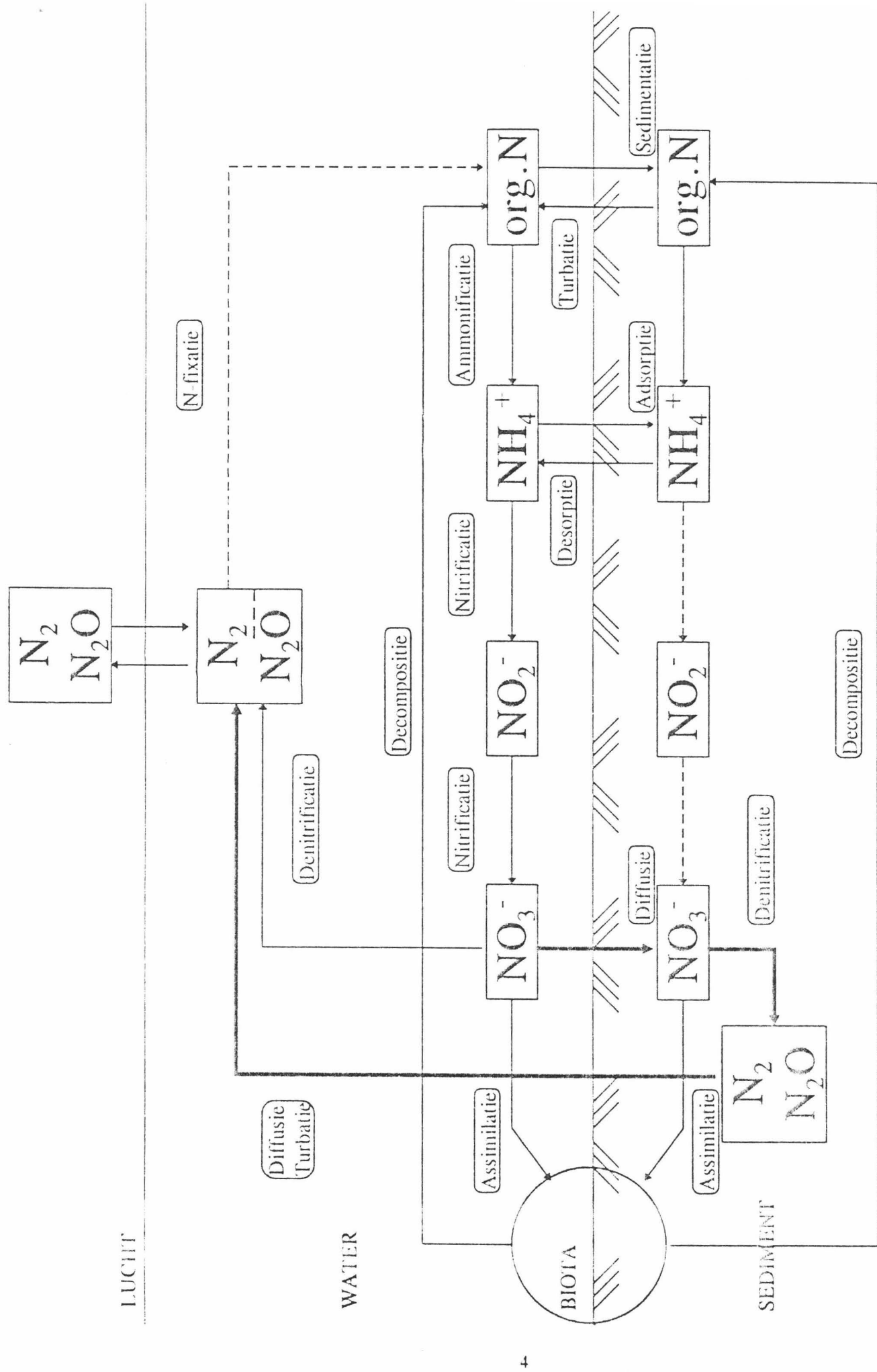


Fig. 1.1: Stikstofcyclus bij hoog water

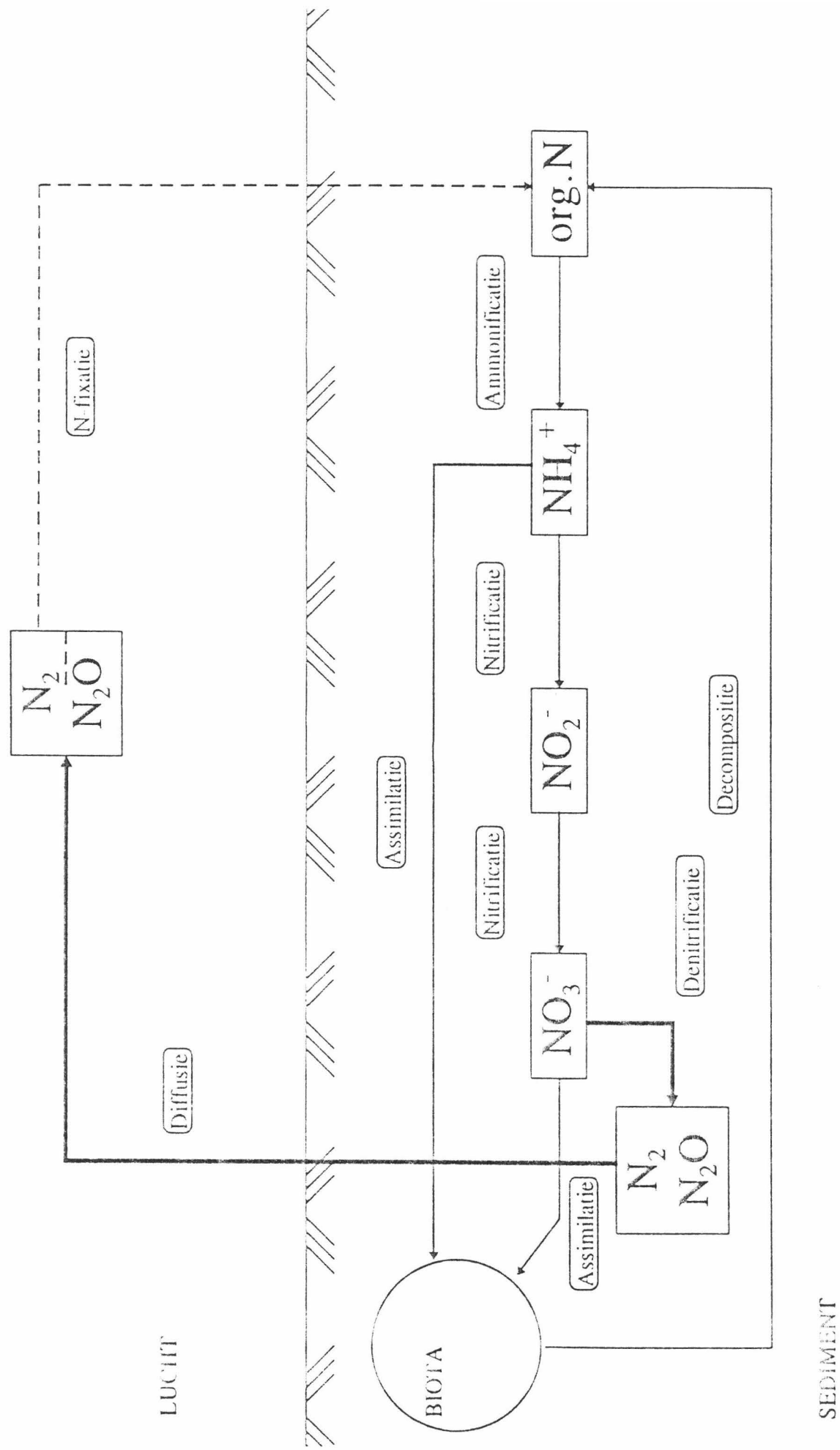


Fig. 1.2: Stikstofcyclus bij laag water

sediment. Bovendien is het i.v.m. de nitraatconsumptie-experimenten van belang een idee te hebben wanneer anaerobe condities in het bovenliggend water bereikt worden.

Zuurstof is bovendien een onontbeerlijke factor voor nitrificatie. Nitrificatie in het sediment is in fig. 1.1 voorgesteld met een stippellijn. Dit proces gaat bij hoog water in het sediment immers nauwelijks door bij gebrek aan zuurstof. Zelfs als de waterkolom goed geaëreerd is kunnen anaerobe processen zoals denitrificatie nog plaatsgrijpen in de bovenste sedimentlaag (Vanderborgh et al., 1977). Nitrificatie is een proces dat bijgevolg behandeld wordt in de toestand bij laag water.

1.4.2. Studie van de toestand bij laag water

Bij laag water is er uiteraard geen nitraatflux meer van rivierwater naar sediment (fig. 1.2). De enige aanrijking van de nitraatvoorraad gebeurt door nitrificatie, of door depositie uit de lucht. Depositie uit de lucht vormt echter een verwaarloosbare fractie (Fisher & Oppenheimer, 1991).

Bij laag water zijn in situ N_2O -fluxbepalingen gepland. Sedimentkernen worden naar het labo gebracht, waar de fluxbepalingen herhaald worden met en zonder acetyleen. De verhouding met/zonder acetyleen die in het labo verkregen wordt kan dan gebruikt worden voor extrapolatie naar het veld. Dit kan een beeld geven van denitrificatie bij laag water.

Automatische N_2O -registratieapparatuur kan ter beschikking gesteld worden door het C.E.M.O. (Centrum voor Estuarien en Marien Onderzoek) te Yerseke, Nederland. Deze apparatuur maakt acetyleentoediening in situ mogelijk, temeer daar de mate waarin acetyleen in het sediment terecht komt eveneens geregistreerd kan worden. Het grote voordeel hiervan is dat de resultaten zullen kunnen gekoppeld worden aan de efficiëntie van de acetyleenpenetratie.

De ^{15}N -isotoop techniek zal aangewend worden om nitrificatie te bestuderen. Gemerkte stikstof zal toegevoegd worden onder de vorm van ammonium. Een nadeel is dat het gemerkt nitraat dat hieruit gevormd wordt ten minste voor een deel door denitrificatie of assimilatie terug zal verdwijnen. De belangrijkste maat voor nitrificatie zal dus de afname van gemerkt ammonium zijn. Vermits ammonium gemakkelijk aan sediment geadsorbeerd blijft is de toediening van hoge concentraties gemerkt ammonium vereist. Het is echter de vraag of de hoeveelheid ammonium die zal verdwijnen ten gevolge van nitrificatie meetbaar zal zijn tegenover die hoge toediening. Het is bijgevolg aangewezen dergelijke experimenten eerst toe te passen op de meest zandige, minst waterverzadigde sedimenten, waar de omstandigheden voor nitrificatie gunstiger lijken, en waar een geringe adsorptie van ammonium wordt verwacht.

Bij laag water zijn ook redoxprofielen in situ gepland. Deze profielen kunnen aanduidingen verschaffen over de snelheid waarmee zuurstof in het sediment kan doordringen.

1.4.3. Studie van de specifieke invloed van het getij

Getijwerking is in het labo moeilijk na te bootsen. Een mogelijkheid wordt geboden met de methode van Ryden et al. (1978). Hierbij wordt gebruik gemaakt van gasdichte incubatiereciënten die voorzien zijn van een inlaat en een uitlaat. Aan de uitlaat wordt een moleculaire zeef gekoppeld die N_2O adsorbeert. Via de inlaat kan door afwisselend lucht en helium in te spuiten een alternerende toestand ontstaan van aerobische en anaerobische. Door de juiste omschakelingsfrequentie uit te voeren kan op dergelijke manier het afsluiten en vrijstellen aan lucht door getijwerking worden gesimuleerd. Proeven met en zonder acetyleen kunnen uitspraken opleveren omtrent denitrificatie onder getij omstandigheden. De methode is echter volledig manueel, en zeer arbeidsintensief.

Naast de automatische N_2O -registratieapparatuur kan door het C.E.M.O. eveneens een mesocosmos ter beschikking gesteld worden, een recipiënt met een oppervlakte van ongeveer 3×1 m en een hoogte van ongeveer 1 m, waarin getijwerking wordt nagebootst. De overspoelingsfrequentie van het in de mesocosmos aanwezige sediment kan worden geregeld. Daardoor wordt samen met het gebruik van de N_2O -registratieapparatuur een reeks experimenten mogelijk waarin de specifieke invloed van het getij wordt onderzocht.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1. ALGEMENE BASISINFORMATIE

De eigenlijke studie werd voorafgegaan of begeleid door een aantal werkzaamheden, die tot doel hadden de resultaten van de studie beter te kunnen extrapoleren naar de Zeeschelde in haar totaliteit. Deze werkzaamheden worden hierna kort besproken.

2.1.1. Centralisatie van de data van de Zeeschelde tot één geïnformatiseerd bestand

In eerste instantie werden de bestaande data betreffende de basiswaterkwaliteit van de Zeeschelde gecentraliseerd tot een geïnformatiseerd bestand. De verwerking van de data wordt beschreven in: "De waterkwaliteit van de Zeeschelde: evolutie in de voorbije dertig jaar" door Van Damme et al. (1995).

2.1.2. Installatie van een datasonde te Kruibeke

Een datasonde van het merk HYDROLAB werd operationeel gemaakt te Kruibeke. De sonde werd 0,5 m onder het wateroppervlak aan een ponton geïnstalleerd. Zij bewoog in die positie mee volgens het getij. De metingen werden op voorhand geprogrammeerd en gebeurden automatisch om de 15 minuten. De sonde werd enkel uit het water genomen voor reiniging en onderhoud, en voor gebruik tijdens de maandelijkse bootcampagne (zie 2.1.3.). De onderhoudsbeurt gebeurde wekelijks en behelste eveneens de programmatie van de volgende meetsessie. De metingen gebeurden dus quasi permanent. De parameters die geregistreerd werden zijn datum en tijd, watertemperatuur, specifieke geleidbaarheid, saliniteit, opgeloste zuurstof (mg/l en %), pH, redoxpotentiaal, turbiditeit en diepte.

2.1.3. Maandelijkse bootcampagne

Sinds december 1995 werd maandelijks een bootcampagne georganiseerd waarbij de basiswaterkwaliteit van de Zeeschelde werd onderzocht. Metingen werden uitgevoerd met de HYDROLAB datasonde (zie 2.1.2.). DTC, DIC en DOC werden geanalyseerd in het laboratorium. De overige parameters werden geanalyseerd in uitbesteding aan de Universitaire Instelling Antwerpen.

2.2. SELECTIE VAN DE BEMONSTERINGSPUNTEN

Oorspronkelijk werden 2 punten geselecteerd waar het onderzoek in detail zou gebeuren. Daarenboven werden twee satellietpunten geselecteerd om de resultaten te kunnen extrapoleren over de saliniteitsgradiënt van de Zeeschelde. De detailpunten werden

gelokaliseerd te Appels en aan de Durme ter hoogte van het veer van Tielrode. De satellietpunten werden gelokaliseerd te Burcht ter hoogte van de Kennedytunnel, en aan de Belgisch-Nederlandse grens op het Groot Buitenschoor. Om detailonderzoek te kunnen uitvoeren was het noodzakelijk voor elk detailpunt een loopbrug te ontwerpen en te installeren. De uitvoering van deze ontwerpen kon echter enkel gebeuren te Appels. Dit gebeurde in juli 1996. Het punt aan de Durme werd daarom beschouwd als satellietpunt. De ligging van de punten langs de Zeeschelde is te zien op fig. 2.1.

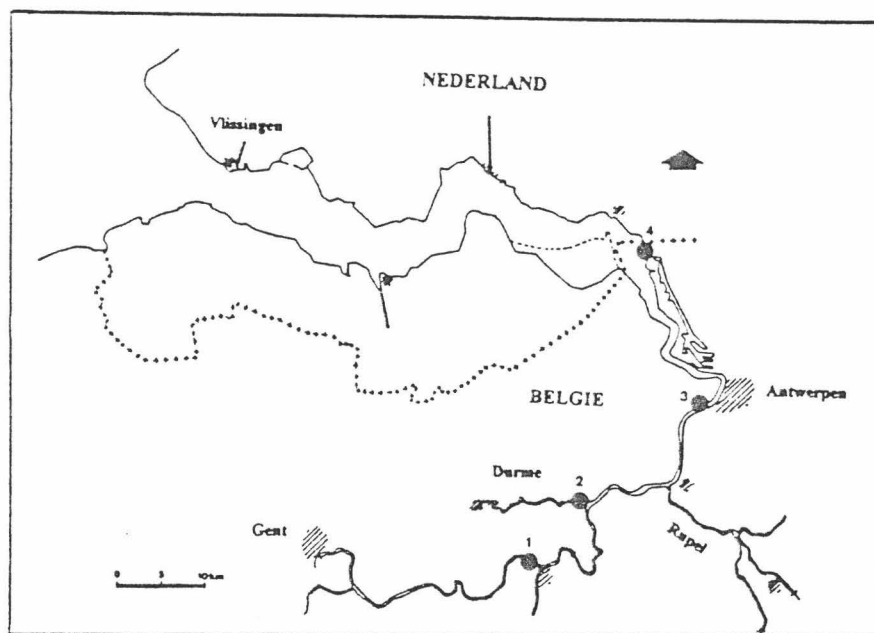


Fig. 2.1: Situëring van de monsterpunten (1 = Appels, 2 = Durme, 3 = Burcht, 4 = Groot Buitenschoor)

Te Appels werden 4 punten gekozen langsheen de verticale gradiënt: 1 op het schor aan de rand van de wilgengordel, 1 op het slik ter hoogte van de biezengordel maar in een onbegroeide zone, en 2 op het slik. Vermits de loopbrug omwille van de scheepvaart niet kon doorgetrokken worden tot het laagwaterniveau kon geen punt gekozen worden in het laagste deel van de verticale gradiënt.

2.3. N₂O-FLUXBEPALING

2.3.1. Fluxbepaling 'in situ' - Gasstaalname met de 'gesloten box'-methode

Het principe van de 'gesloten-box'-methode bestaat erin, een box bovenop het sediment te plaatsen en de geëmitteerde N₂O erin te laten accumuleren. De 'box' bestond uit een PVC-cilinder met een binnendiameter van 15 cm en een hoogte van 12,5 cm. Bovenaan was de cilinder voorzien van een schroefdraad, waardoor de box luchtdicht kon worden afgesloten met een PVC-deksel. Door een gat in het midden van dit deksel werd een

gasstaalnamesysteem aangebracht. Een rubberstop doorboord door een glazen staafje met septum vormde dit gasdicht bemonsteringssysteem.

De 'gesloten box' werd gebruikt voor veldmetingen. De PVC-cilinder werd voorzichtig 5 cm diep in het sediment gebracht. Zodoende werd een bodemoppervlak van 0,01767 m² bedekt. Het deksel op de box draaien net voor de eerste gasbemonstering bleek teveel verstoring van het sediment met zich mee te brengen. Daarom werd vlak voor de eerste meting het septum op het glazen buisje aangebracht. Het totaal gasvolume in de 'box' bedroeg hiermee 1149 ml. Op de tijdstippen $t = 0$, $t = 30$ min en $t = 60$ min werden gasmonsters genomen. De monsternamen gebeurde d.m.v. een dubbele naald, die aan de ene zijde door het septum gestoken werd. Via de andere zijde werd de gasfase in verbinding gesteld met een 'vacutainer'. Dit is een vacuüm getrokken proefbuisje met een septum. De gasstalen werden hierin bewaard tot analyse via de gaschromatograaf in het laboratorium.

2.3.2. Fluxbepaling in het laboratorium - Gasstaalname met de 'soil core'-methode

De 'soil core'-methode houdt in dat sediment voor fluxbepalingen naar het labo wordt gebracht. Het sediment werd bemonsterd op dezelfde plaats waar vlak voordien de fluxbepaling 'in situ' was uitgevoerd via de 'gesloten box'-methode. Een PVC cilinder (diameter 5,5 cm, hoogte 8,5 cm) werd tot op een diepte van 8,5 cm in het sediment gestoken. De cilinder met sediment werd voorzichtig uitgegraven en onderaan van een deksel voorzien. Op die manier kon de intacte sedimentcilinder ('soil core') naar het labo worden getransporteerd. Daar werd de sedimentcilinder onmiddellijk in een glazen recipiënt geplaatst (volume 1 liter) en met een deksel gasdicht afgesloten. Het volume van de gasfase bedroeg dan 0,798 liter. In het deksel was hetzelfde gasstaalnamesysteem aangebracht als beschreven in 2.3.1. De gasmonsternamen verliep verder zoals beschreven in 2.3.1.

2.3.3. Gasstaalname uit incubatie-recipiënten

Voor laboratoriumexperimenten werden recipiënten gebruikt die gasdicht konden afgesloten worden met een septum. De recipiënten waren glazen flessen. Wegens de onregelmatige vorm van de flessen bleek het onmogelijk het volume op een meetkundige wijze te bepalen. Van 10 recipiënten werd daarom het volume via een gewichtsbepaling gemeten. Dit gaf als resultaat:

$$V_{fles} = 218,4 \pm 0,8 \text{ ml}$$

Vermits het staal uit de gasfase werd genomen diende rekening gehouden te worden met het toegevoegde substraat en de toegevoegde oplossing.

$$V_{gas} = V_{fles} - V_{sediment} - V_{oplossing}$$

Het volume toegevoegde oplossing bedroeg steeds 40 ml. Het substraatvolume werd voor elke monsternamen empirisch bepaald.

2.3.4. Experimentele opzet

De 'gesloten box'-methode werd toegepast in het veld. Te Appels werden per punt 4 herhalingen uitgevoerd, op de detailpunten werden 4 of 6 herhalingen uitgevoerd. Dit liet toe ook informatie te bekomen omtrent de ruimtelijke variatie. De 'gesloten box'-methode werd steeds gecombineerd met de 'soil core'-methode, met hetzelfde aantal herhalingen. De 'soil core'-methode werd in het labo toegepast zonder en met acetyleen-toediening. Acetyleen werd toegevoegd na het wegnemen van 10% van de gasfase en terug tot atmosferedruk te laten komen met acetyleengas. De verhouding tussen de N_2O -flux bepaald zonder resp. met acetyleen werd gebruikt om via de resultaten van de veldmetingen van de N_2O -flux de 'in situ'-denitrificatiewaarden te berekenen. Deze hele procedure werd te Appels om de 2 à 3 weken herhaald, op de satellietpunten elk seizoen. Hiermee kon de temporele variatie onderzocht worden.

De methode waarbij glazen flessen als incubatiereciënten werden gebruikt, werd ook gebruikt in combinatie met nitraatconsumptie-experimenten. Deze experimenten werden vooral tijdens de wintermaanden uitgevoerd, wanneer nog niet met het veldwerk kon worden gestart.

2.3.5. N_2O -bepaling

2.3.5.1. Gaschromatografie

Een CHROMPACK[®]-gaschromatograaf Model 437A, uitgerust met een Alltech Chromosorb 102-kolom en een Ni-63 'electron capture'-detector (ECD) werd gebruikt om de componenten van de gasmonsters te scheiden en te quantificeren.

Een bijhorend softwarepakket voerde automatisch de integratie van de piekoppervlakten van het chromatogram uit. De eerste piek die op het chromatogram wordt waargenomen is een drukpiek, aangezien de oppervlakte niet varieert met de ingebrachte volumes gas. De tweede piek is te wijten aan de hoeveelheid N_2O in het gasmonster. Deze piek heeft meestal een perfect gaussiaanse vorm, behalve wanneer zich ook acetyleen in het gasmonster bevindt. Acetyleen veroorzaakt een piek die zich onmiddellijk na de N_2O -piek situeert en er in de meeste gevallen mee overlapt, zij het slechts in geringe mate.

De gasmonsters werden ingespoten met 'Hamilton-GASTIGHT[®] syringes', voorzien van een gasdichte afsluitkraan, waardoor de verliezen tot een absoluut minimum herleid werden. De aanwezigheid van water in een gasmonster veroorzaakt belangrijke interferentie met de bijhorende N_2O -piek. Het vermijden van waterdamp in de injectiespuiten is dan ook een punt waar veel aandacht werd aan besteed. Wanneer de aanwezigheid van water in een spuit werd opgemerkt werd deze vooraf gedroogd.

2.3.5.2. Calibratie van de analyse

Als standaardgas werd 51.4 ± 2 ppmv N_2O in helium gebruikt. Verschillende volumes standaardgas werden ingespoten om een calibratiecurve te kunnen opstellen. De calibratiecurve werd bekomen via lineaire regressie volgens de methode der kleinste kwadraten. Er werd een bereik toegepast gaande van 10 tot 1000 μl . Een voorbeeld van een calibratiecurve waarbij de injectie van elk volume standaardgas 3x herhaald werd is te zien in fig 2.2. Van 10 μl tot 100 μl werd een injectiespuit van 100 μl gebruikt, van 100 μl tot 1000 μl werd een van 1000 μl gebruikt. Het piekoppervlak bij inspuiten van 100 μl was steeds kleiner bij gebruik van een 1000 μl spuit t.o.v. een 100 μl spuit. Bij hogere volumes (500 en 1000 μl) werden de piekoppervlakken bovendien relatief geringer. Daarom werd bij de berekening van de resultaten geopteerd voor het gebruik van 2 regressierechten van elk 4 punten, de eerste voor de spuit van 100 μl , de tweede voor de spuit van 1000 μl . De regressierechten werden steeds zo geconstrueerd dat ze door het nulpunt gingen. Ondanks het grote bereik van de calibratiecurve vielen de piekoppervlakken van de gasmonsters er in sommige extreme gevallen toch buiten. In dat geval werd extrapolatie toegepast.

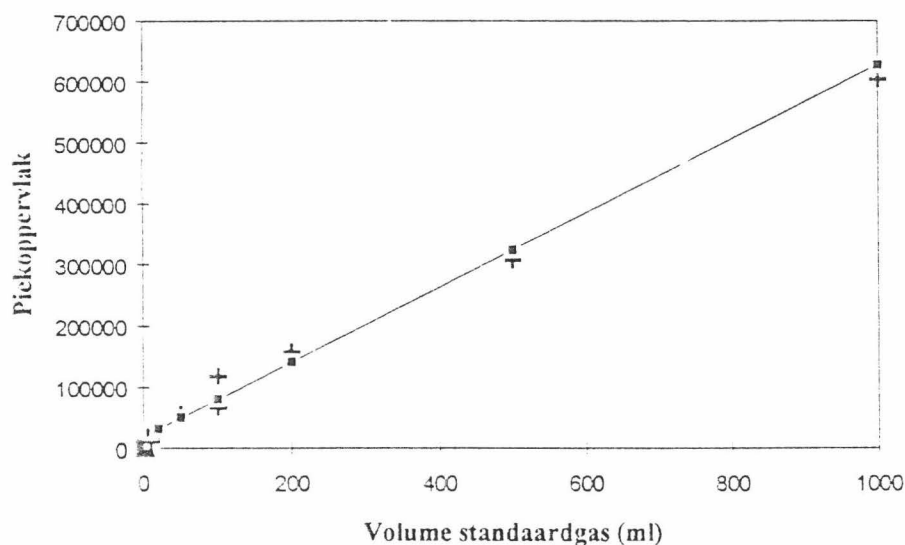


Fig. 2.2: Calibratiecurve

2.3.5.3. Berekening van de hoeveelheid N_2O in het gasmonster

De omrekening van een piekoppervlak naar de overeenkomstige massa N_2O -N gebeurde als volgt:

Aangezien 1000 μl standaardgas 51,4 nl N_2O bevat, kan via de ideale gaswet $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ de overeenkomstige massa N_2O berekend worden.

met p = druk van het standaardgas (Pa)
 V = volume N_2O gas (l)
 n = aantal mol N_2O gas
 R = universele gasconstante (l.Pa.mol⁻¹.K⁻¹)
 T = gastemperatuur (K)

1 mol gas heeft bij 1013 hPa en 25°C of 298,15 K een volume van 24,45 l. De omzetting van 51,4 μ l N_2O l⁻¹ naar μ g N_2O l⁻¹ gebeurde als volgt:

$$\frac{51,4 \mu l N_2O \cdot l^{-1} \cdot 44,0128 \mu g \cdot \mu mol^{-1}}{24,45 \mu l \cdot \mu mol^{-1}} = 92,53 \mu g N_2O \cdot l^{-1}$$

1 ml standaardgas bevatte dus 92,53 ng N_2O .

Met behulp van de regressierechten werden de piekoppervlakten omgezet naar ng N_2O . Hierbij weze opgemerkt dat de invloed van temperatuurschommelingen niet kon verwaarloosd worden (20°C variatie geeft een afwijking van 7%).

De bekomen resultaten werden dan teruggerekend aan de hand van de dimensies van de gasaccumulatiereciënten (2.3.1 t.e.m. 2.3.3).

Wanneer in incubatie-reciënten een oplossing werd toegevoegd diende een correctie aangebracht te worden voor de hoeveelheid N_2O (M_w) opgelost in de waterfase, zoals werd aangetoond door Moraghan en Buresh (1977).

$$M_w = \alpha \cdot M_g \cdot \frac{V_w}{V_g}$$

met α = oplosbaarheidsfactor van N_2O , uitgedrukt in cm³ N_2O , opgelost per cm³ H_2O
 M_g = massa N_2O in de gasfase
 V_w = volume van de waterfase
 V_g = volume van de gasfase

α is functie van de temperatuur t (°C) en gelijk aan:

$$\frac{1}{0,725606 + 0,038261 \cdot t}$$

2.5.2. Interstitieel water

Interstitieel water van een sediment werd bekomen als supernatans na centrifugatie op 4000 toeren/min. gedurende 10 min.

2.5.3. Sedimentextractie

Een sedimenthoeveelheid van 40 g werd vooraf goed gemengd met 30 ml 3N KCl. Het mengsel werd gedurende 1 uur op een mechanisch schudtoestel gezet, en gecentrifugeerd aan een snelheid van 4000 toeren/min. gedurende 10 minuten. Van het supernatans werd 20 ml genomen voor analyse.

2.5.4. Analyses

2.5.4.1. 'In situ'-temperatuur van water en sediment

De temperatuur van de bovenste sedimentlaag werd gemeten m.b.v. een sediment thermometer. De kwikbol werd op 2 cm diepte aangebracht. Na 5 minuten werd de temperatuur afgelezen. De temperatuur van het rivierwater werd ter plaatse bepaald met een thermometer die ingebouwd was in de zuurstofmeter.

2.5.4.2. Vochtgehalte

Het totale vochtgehalte van sediment werd bepaald door een hoeveelheid sediment te drogen bij 105 °C in een droogstoof tot constante massa werd bereikt. Het vochtgehalte werd uitgedrukt in g H₂O/100 g droog sediment.

2.5.4.3. pH-bepaling

pH-bepaling van sediment gebeurde door een hoeveelheid sediment in een beker te brengen, waarna een hoeveelheid gedestilleerd water werd toegevoegd aan een gewichtsverhouding van 5/1 (water/sediment). De suspensie werd even omgeroerd en na 18 uur werd de pH bepaald m.b.v. een glaselectrode. Deze methode werd beschreven door Verloo (1988). De pH van rivierwater werd zonder voorafgaande behandeling bepaald m.b.v. een glaselectrode. De meetapparatuur was een C 832 van het merk CONSORT.

2.5.4.4. Redoxpotentiaal

Een permanente installatie van redoxelectroden te Appels werd uitgevoerd. Ten einde het risico voor wegspoelen wegens de enorme getijdynamiek te verminderen werden statieven ontworpen. Elk statief werd voorzien van 9 elektroden die immobiel werden gefixeerd. Zo werd het mogelijk om per statief op 3 verschillende dieptes in het sediment te meten, en dit met 3 replica per diepte. De dieptes die werden gekozen waren -1 cm, -5 cm, en -10 cm. Mogelijkheden voor uitbreiding met 2 additionele dieptes werden voorzien. Op elk

van de 4 punten langs de verticale gradiënt werd een statief in de bodem geslagen en aan de steiger gemonteerd.

Op de andere plaatsen werd de electrode voor elke registratie in het sediment gebracht, waarbij zo weinig mogelijk verstoring werd veroorzaakt.

De redoxpotential werd bepaald met een pH/redoxmeter van het merk DIGI SENSE^{*} met een calomelectrode als referentieëlectrode (geregistreerde waarde = E_{cal}), en een Pt-electrode als meetelectrode. De meetwaarde t.o.v. een standaard H_2 -electrode (E_h) bij 25°C wordt gegeven door: $E_h = E_{cal} + 242 \text{ mV}$.

De redoxmeting ging steeds gepaard met een meting van de sedimenttemperatuur. Een correctie van de redoxpotential t.o.v. de heersende temperatuur werd via een regelaar van het toestel manueel doorgevoerd.

2.5.4.5. Opgeloste zuurstof

De opgeloste zuurstof van het rivierwater werd bepaald m.b.v. een WTW OXI 325 zuurstofmeter. Dit toestel was uitgerust met een Clark-electrode.

2.5.4.6. Totale C-bepaling

Zolang geen bepaling mogelijk was van opgeloste koolstof werd voor het sediment een bepaling van de totale koolstof uitgevoerd. Dit gebeurde volgens de methode van Walkley & Black, op 1 g luchtdroog sediment. De methode is gebaseerd op de oxydatie van organische verbindingen met bichromaat in zuur midden. De praktische uitwerking werd beschreven door Allison (1965).

2.5.4.7. Opgeloste organische koolstof (DOC)

Van rivierwater en interstitieel water werd de DOC bepaald. Dit gebeurde m.b.v. een TOC-5000 'Total organic carbon analyser' van het merk SHIMADZU. De stalen dienden voor de analyse gefiltreerd te worden. Dit gebeurde met papierfilters. De methode is gebaseerd op de destructie van de totale koolstoffractie (DTC). Na de TOC bepaling werd een bepaling uitgevoerd van de totale mono- en bicarbonaatfractie (DIC) door aanzuring met fosforzuur. Het verschil tussen DTC en DIC gaf het DOC-gehalte.

Een test werd uitgevoerd om te zien hoeveel DOC eventueel afkomstig was van de papierfilters. Hierbij werd een hoeveelheid gedistilleerd water gefiltreerd. Het filtraat werd vergeleken met een blanco, bestaande uit ongefiltreerd gedistilleerd water. De resultaten van die vergelijking zijn weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1: Koolstof afkomstig van papierfilters t.g.v. filtratie met gedistilleerd water (n=6)

	Gem.	Stdev.
DTC	0.97	0.15
DIC	0.052	0.036
DOC	0.91	0.16

De resultaten werden a.h.v. deze gemiddelde waarden gecorrigeerd.

2.5.4.8. Nitraat- en ammoniumbepaling

Op 20 ml staal (rivierwater, interstitieel water, of sedimentextract) werd via stoomdistillatie een nitraat- en ammoniumbepaling uitgevoerd. De gebruikte methode werd beschreven door Bremner (1965a).

2.5.4.9. Totale N-bepaling

Na een kjeldahl-destructie van het luchtdroge sediment werd het totale N-gehalte bepaald via stoomdistillatie. De gebruikte methode werd beschreven door Bremner (1965b).

3. RESULTATEN EN DISCUSSIE

3.1. ALGEMENE BASISINFORMATIE

Analyse van de data die werden samengebracht tot één geïnformatiseerd bestand leidde tot een aantal vaststellingen die weergegeven werden door Van Damme et al. (1995). Voor verdere bespreking wordt naar deze publicatie verwezen.

Een gedetailleerde analyse van de resultaten van de datasonde te Kruikebe valt buiten het bestek van dit tussentijds verslag.

De resultaten van de maandelijkse bootcampagne zijn weergegeven in appendix 1. Ze worden hier eveneens niet verder besproken.

3.2. NITRAATCONSUMPTIE-EXPERIMENTEN

3.2.1. Karakterisatie sediment en rivierwater

De experimenten werden omkaderd met een karakterisatie van sediment en rivierwater. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3.1. De experimenten gebeurden tijdens de winter en het voorjaar. Op 29/01/96 was het sediment zelfs bevroren. Het werd in het labo op kamertemperatuur ontdooid. Er was bijgevolg geen macrozoöbenthos meer in leven. De nitraatconcentratie varieerde tussen 1.68 en 4.12 mg N/l. De ammoniumconcentratie was het laagst bij het Groot Buitenschoor (0,19 mg N/l). In de Durme varieerde de ammoniumconcentratie tussen 4.52 en 9.10 mg N/l.

3.2.2. Verkennend 'long term'-experiment

Als verkenning werd een nitraatconsumptie-experiment uitgevoerd dat gedurende enkele weken werd gevolgd. De resultaten zijn weergegeven in fig. 3.1 t.e.m. fig. 3.3. Het experiment begon op 05/01/96. Vier behandelingen werden gevolgd: toediening van 2 verschillende nitraatconcentraties, nl. 10 mg NO_3^- -N/l en 5 mg NO_3^- -N/l, toediening van 10 mg NO_3^- -N/l + 1% glucose, en toediening van 10 mg NO_3^- -N/l waarbij onmiddellijk na aanbrengen van de oplossing de inhoud van de flesjes door schudden homogeen werd vermengd. De twee verschillende nitraatconcentraties werden toegediend om na te gaan of de nitraatafname concentratie-afhankelijk is. Toediening van glucose gebeurde om na te gaan of de nitraatconsumptie al dan niet gelimiteerd werd door koolstof. Het mengen van oplossing en sediment gebeurde om de consumptiesnelheid van nitraat te evalueren zonder eventuele beperking door diffusie vanuit het rivierwater naar het sediment. Op verschillende tijdstippen werd zowel nitraat als ammonium geanalyseerd.

Het belangrijkste besluit was zonder twijfel dat de duur van de experimenten drastisch ingekort kon worden. Nitraat was in het bovenliggend water bij elke toepassing na 4 dagen reeds geconsumeerd (fig.3.1.a). De invloed van de verschillende behandelingen was

door de te lage analysefrequentie niet te onderscheiden. Dat in de daaropvolgende dagen terug nitraat aanwezig was kan verklaard worden door het feit dat de beschikbare koolstof na zoveel tijd waarschijnlijk was opgebruikt, zodat zuurstof beter tot het sediment kon doordringen, en er terug nitraat ontstond t.g.v. nitrificatie. Waar glucose werd toegediend werd in het bovenliggend water geen nitraat gevonden. In het sediment werd bijna nooit nitraat gevonden (fig 3.2.a).

Ammonium vertoonde zowel in bovenliggend water (fig.3.1.b) als in sediment (fig.3.2.b) hetzelfde patroon.

Het nitraatgehalte van oplossingen en rivierwater bleef gedurende het verloop van het experiment vrij constant (fig.3.3). Enkel bij rivierwater dat aangerijkt was met nitraat en waaraan 1% glucose was toegevoegd verdween het nitraat na 8 dagen. Dit kan erop wijzen dat nitraatconsumptie in rivierwater bij dergelijke nitraataanrijking gelimiteerd werd door beschikbare koolstof. Wellicht verdween het nitraat in dit geval voornamelijk door assimilatie.

Tabel 3.1: Karakterisatie van rivierwater en sediment tot juli 1996

Plaats	Datum	Rivierwater				Sediment						
		Temp. (°C)	Sp. cond. (µS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	NH ₄ ⁺ (mg N/l)	NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ (mg N/l)	NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ (g H ₂ O/100 g DS)	NH ₄ ⁺ (mg N/100 g DS)	NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ (mg N/100 g DS)	Kjeldahl-N (mg N/100 g DS)	Tot C (mg C/g DS)
Durme	5-Jan-96	3.56	1136	5.52	54.3	7.35	3.85	90	9.71	0.00	223	21.21
Durme	29-Jan-96	1.20	1228	5.19	36.1	7.70	3.18	102	8.37	0.00	186	18.36
Durme	10-Feb-96	2.35	1027			8.35	4.12	99	34.26	0.00	295	26.21
Durme	19-Feb-96	2.69	1253			4.52	3.60	91	24.10	0.00	276	25.68
Burcht		2.56	5320			3.25	3.40	53	7.39	0.00	156	13.24
Groot Buitenschoor		2.98	27800			0.19	3.24	83	5.23	0.20	96	15.93
Durme	26-Mar-96	7.41	1005					93	9.63	0.00	237	19.54
Durme	24-Apr-96	12.90	1256	1.46	13.0	7.00	1.68	90	10.32	0.00		
Durme	20-Mei-96	10.40	1254	2.78	26.3	9.10	3.81	88	58.48	0.00		

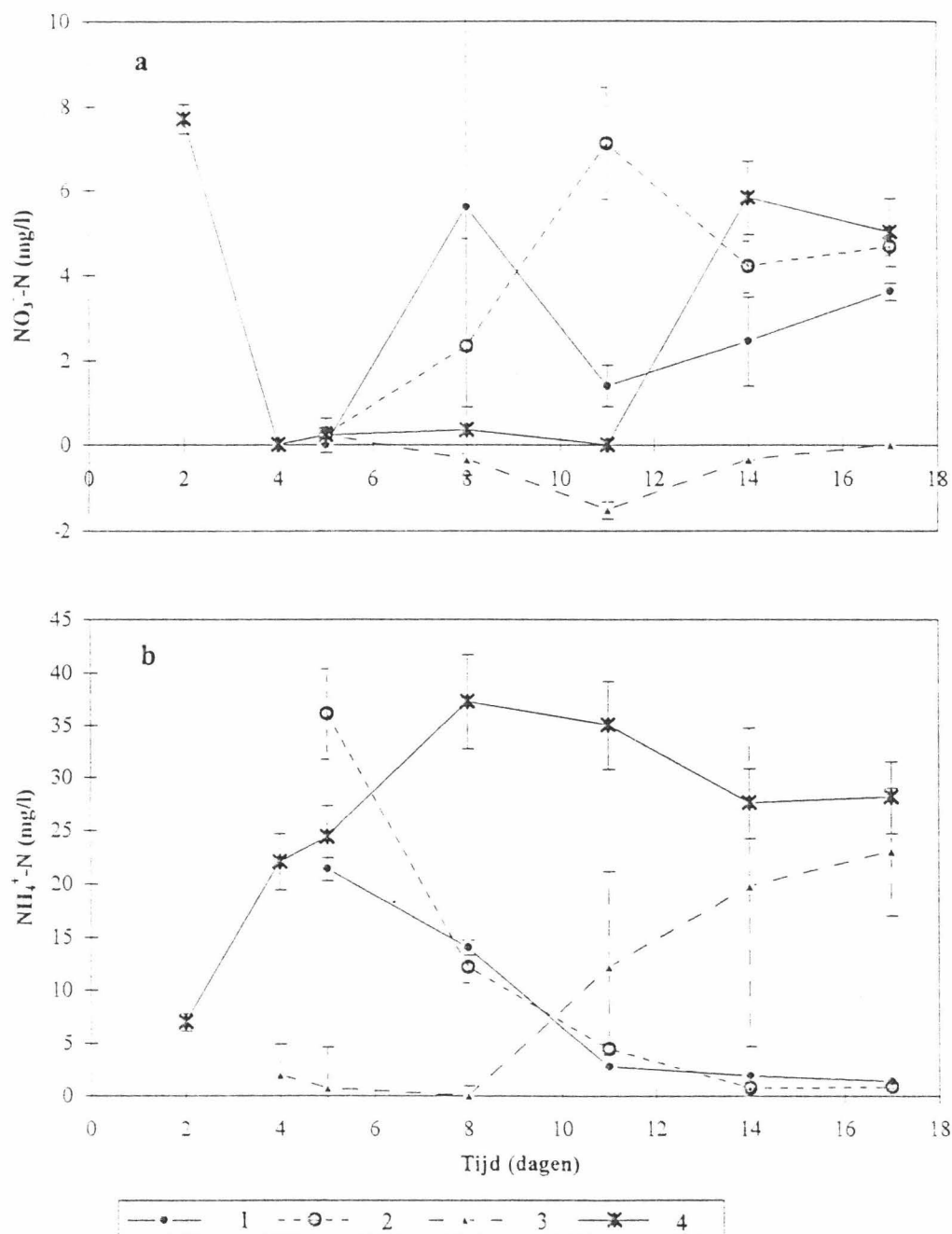


Fig 3.1: Verloop van nitraat (a) en ammonium (b) in bovenliggend water op sliksediment van de Durme (inhoud van de oplossingen: 1 = 10 mg NO₃-N/l, 2 = 5 mg NO₃-N/l, 3 = 10 mg NO₃-N/l + 1% glucose, 4 = 10 mg NO₃-N/l waarbij onmiddellijk na aanbrengen van de oplossing de inhoud van de flesjes door schudden homogeen werd vermengd) Datum experiment: 05/01/96

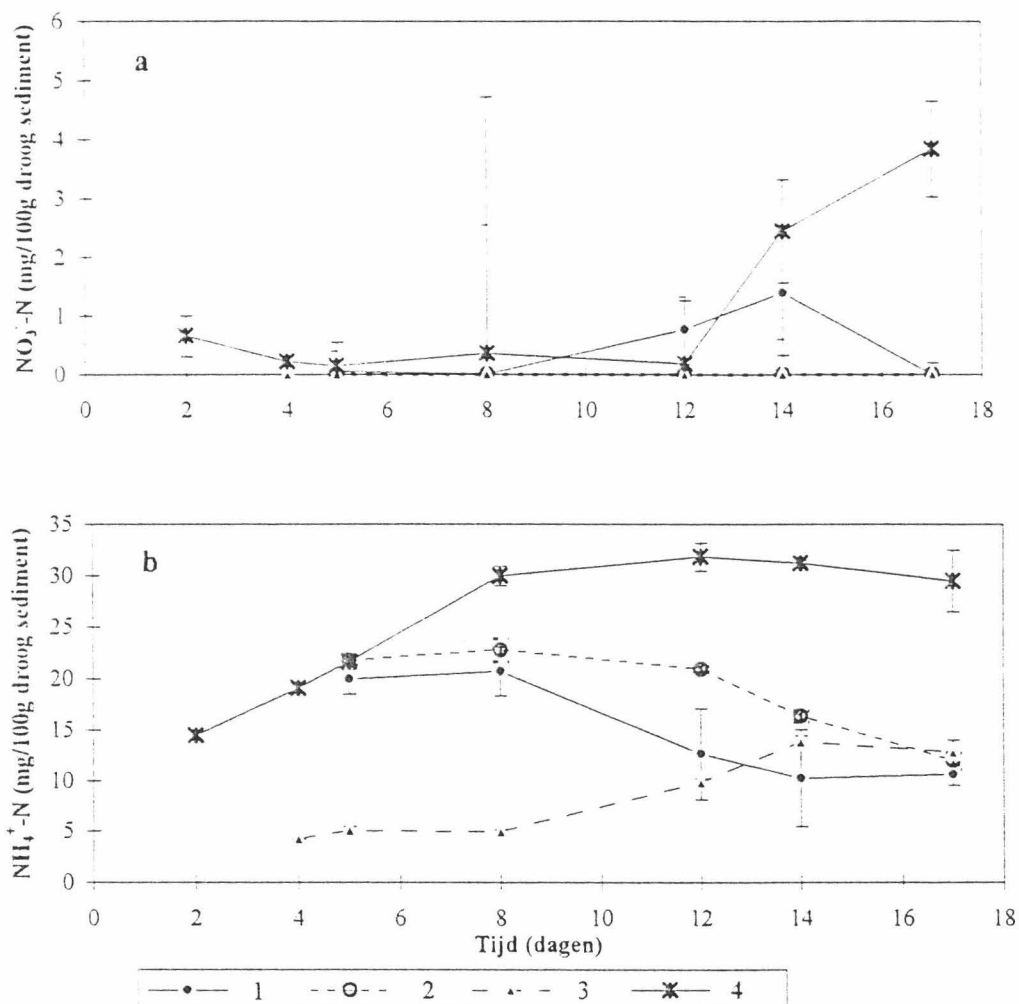


Fig 3.2: Verloop van nitraat (a) en ammonium (b) in sliksediment van de Durme: vervolg experiment 05/01/96

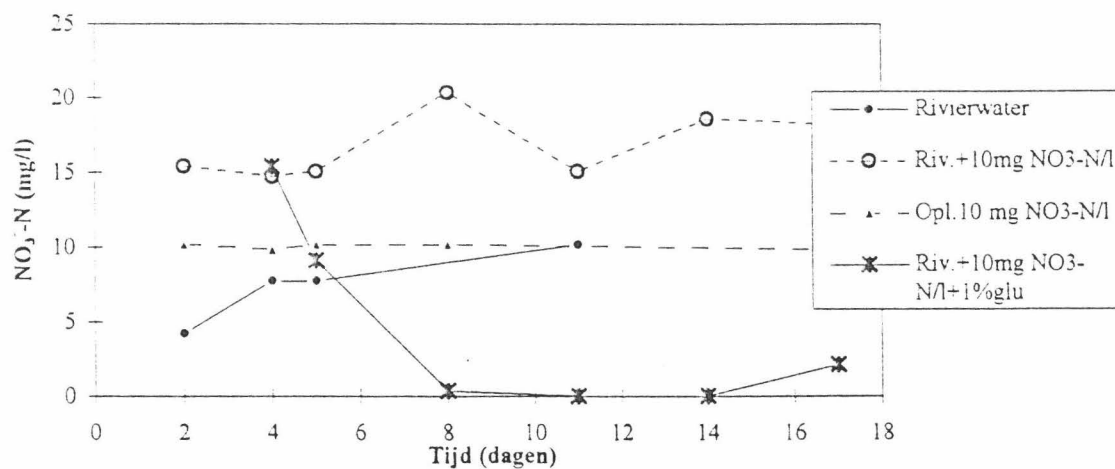


Fig 3.3: Verloop van nitraat in rivierwater, rivierwater + 10 mg $\text{NO}_3^- \text{N/l}$, een 10 mg $\text{NO}_3^- \text{N/l}$ oplossing, en rivierwater + 10 mg $\text{NO}_3^- \text{N/l}$ + 1% glucose: vervolg exp.05/01/96

3.2.3. 'Short term'-experimenten

Verscheidene nitraatconsumptie-experimenten werden uitgevoerd waarbij het nitraat- en ammonium gehalte in het bovenstaand water onafgebroken in de tijd werd gevolgd. De resultaten van enkele van deze experimenten zijn weergegeven in fig. 3.4 t.e.m. fig. 3.8. De resultaten van de nitraatconsumptiesnelheden die via de experimenten bepaald werden is weergegeven in tabel 3.2. Enkele experimenten, zoals experimenten waarbij glucose werd toegevoegd om uit te maken of beschikbare koolstof limiterend was voor nitraatconsumptie, zijn in dit verslag niet opgenomen. De resultaten van deze experimenten die werden uitgevoerd door een thesisstudent waren niet betrouwbaar.

Alle sedimenten consumeerden nitraat. Analyse van sedimentextracten tijdens het verloop van de experimenten bevestigde steeds opnieuw dat geen nitraat in de sedimentfractie aanwezig was. Experimenten waarin verschillende nitraatconcentraties werden toegediend toonden aan dat de nitraatconsumptiesnelheid afhankelijk was van de beginconcentratie van nitraat. Dit wordt geïllustreerd door fig. 3.4 en fig. 3.8. De nitraatconsumptie vertoonde een dynamiek van eerste orde. Dit wijst erop dat nitraatconsumptie kan gelimiteerd zijn door de diffusiesnelheid van het nitraat uit de oplossing naar het sediment.

In het experiment voorgesteld in fig. 3.6 worden de nitraatconsumpties van de satellietpunten langs de saliniteitsgradiënt t.o.v. elkaar vergeleken. Sediment van de Durme consumeerde sneller nitraat dan sediment van Burcht of van het Groot Buitenschoor. Nochtans toont tabel 3.2 dat de nitraatconsumptie van Durmesediment tijdens dit experiment ongeveer 3x lager was dan tijdens de andere experimenten met Durmesediment bij dezelfde nitraattoediening. Een onmiddellijke verklaring kan hiervoor niet gegeven worden. Te weinig herhalingen zijn uitgevoerd om de temporele variatie goed te beschrijven.

Alle experimenten toonden aan dat er een ammoniumflux was van het sediment naar het bovenstaand water. De ammoniumconcentraties die door de flux in het bovenstaand water ontstonden waren steeds groter dan de ammoniumconcentraties van het rivierwater op het moment van de monsternam. Vergelijking van tabel 3.1 met fig. 3.5 en fig. 3.7 illustreert dit. Dit kan te wijten zijn aan het verschil tussen de temperatuur van het rivierwater en de heersende temperatuur tijdens de experimenten (25°C).

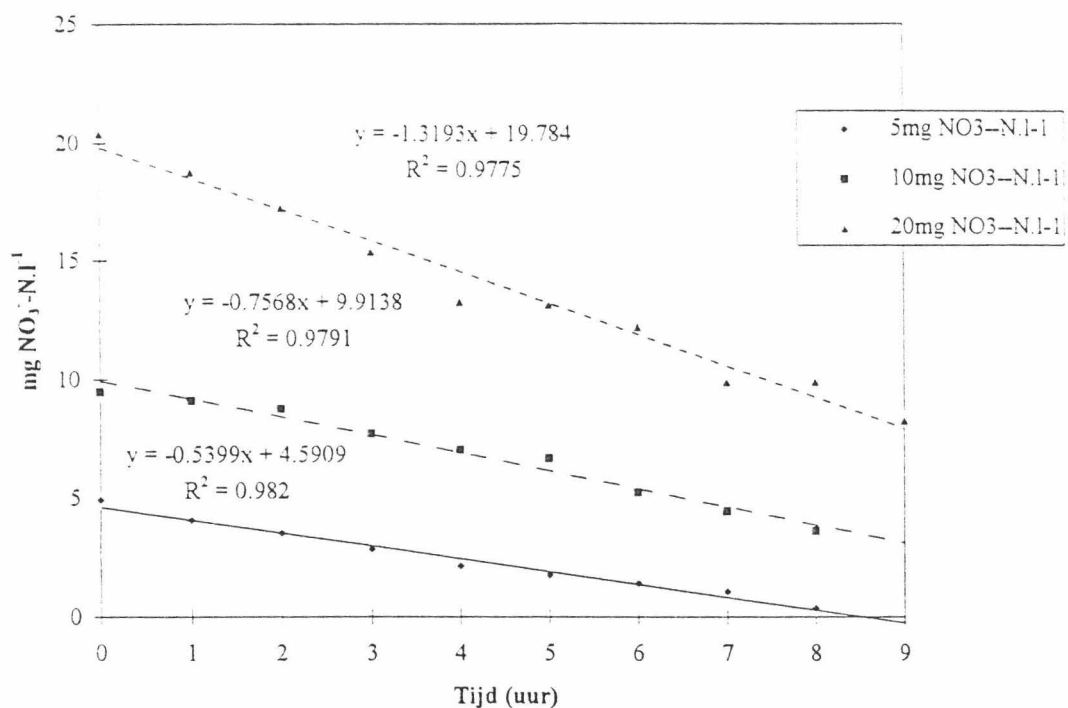


Fig. 3.4: Nitraatverloop in bovenstaand water op Durmesediment: datum experiment: 29/01/96

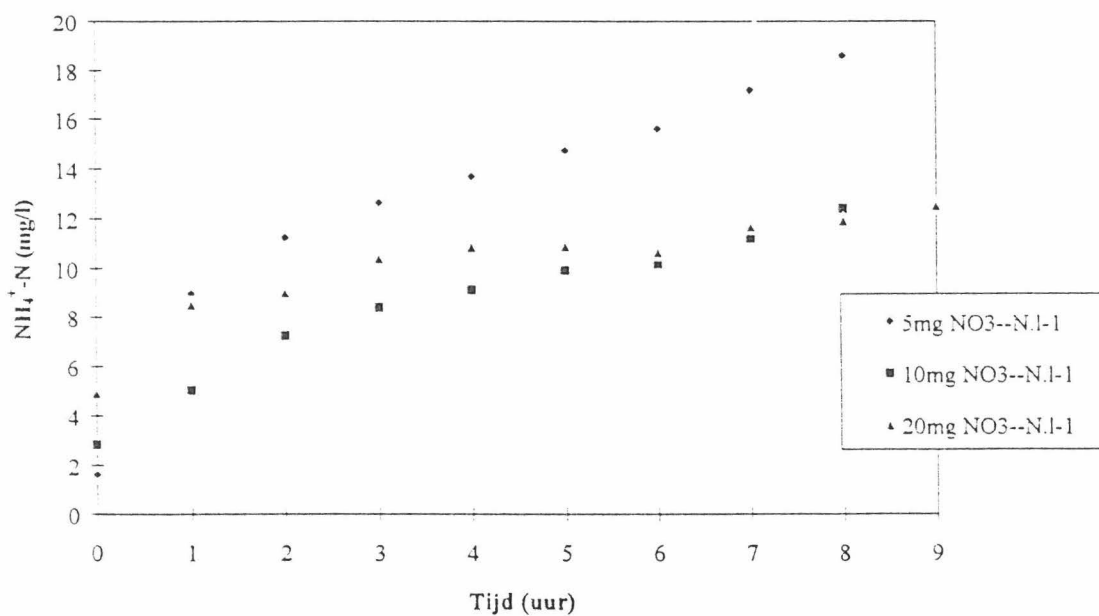


Fig. 3.5: Ammoniumverloop in bovenstaand water op Durmesediment: datum experiment: 29/01/96

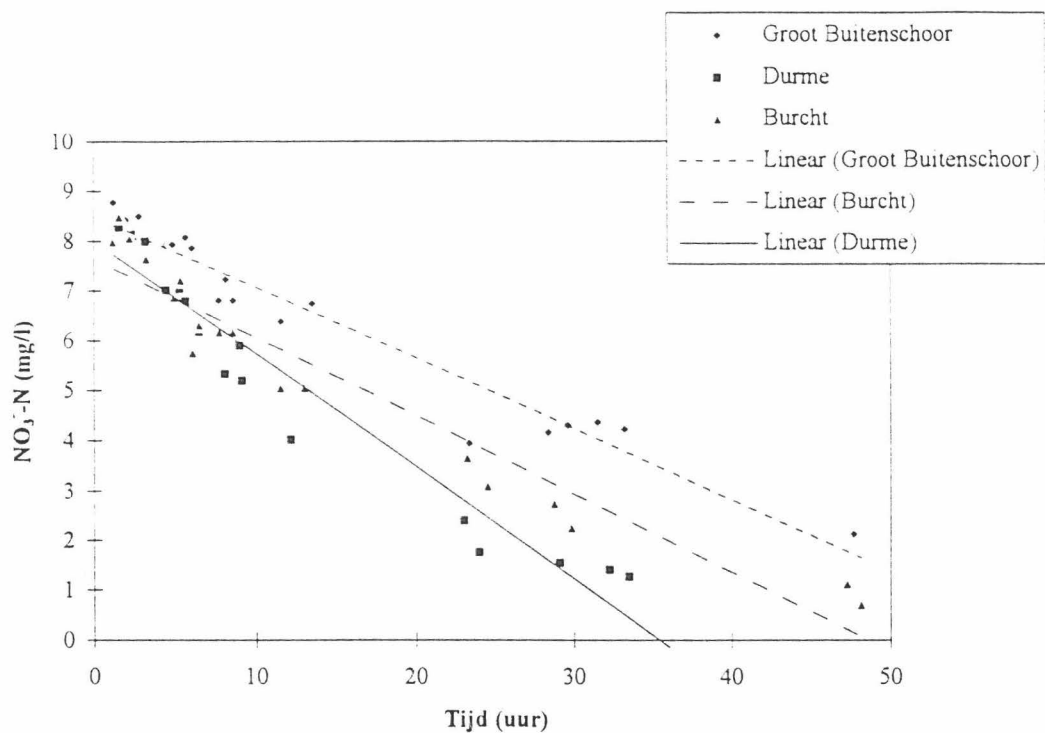


Fig. 3.6: Nitraatverloop in bovenstaand water op sediment van de verschillende satellietpunten; datum experiment: 19/02/96

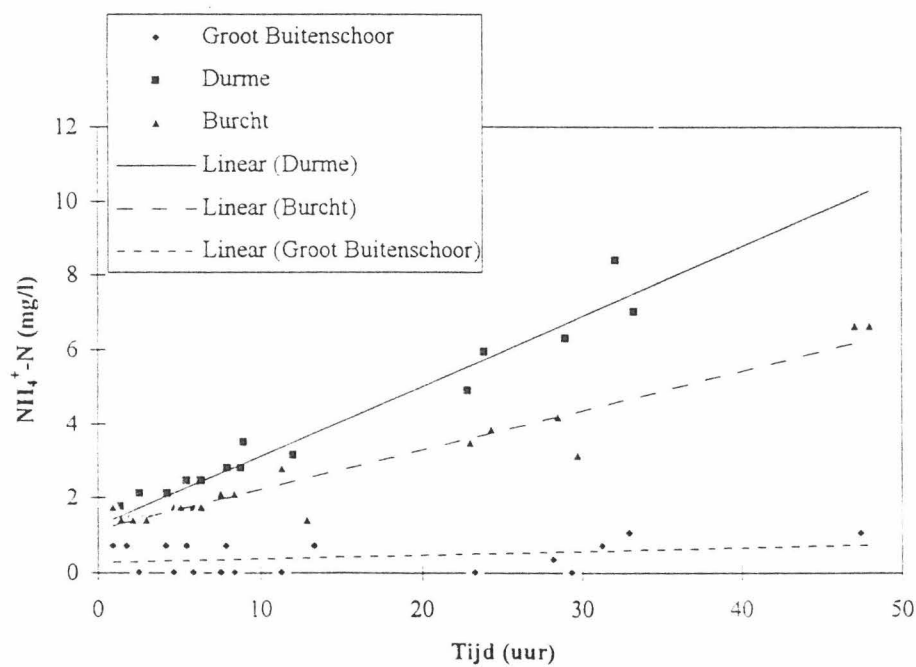


Fig. 3.7: Ammoniumverloop in bovenstaand water op sediment van de verschillende satellietpunten; datum experiment: 19/02/96.

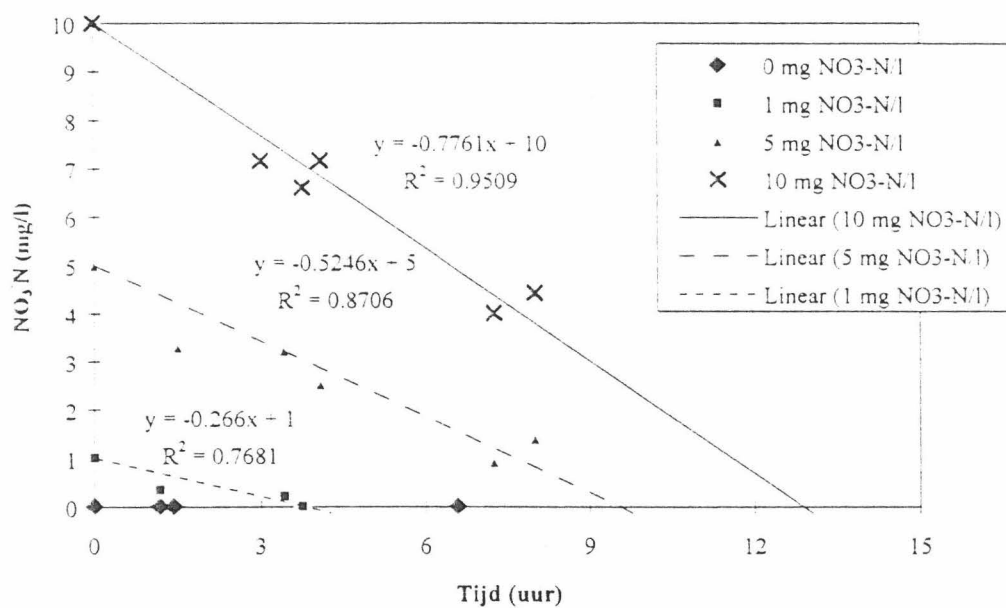


Fig.3.8: Nitraatverloop in bovenstaand water op Durmesediment; datum experiment: 24/04/96

Tabel 3.2: Nitraatconsumptiesnelheden zoals bepaald via de uitgevoerde experimenten

Datum	Monsterlocatie	Toegediende oplossing (mg $\text{NO}_3^-\text{-N.l}^{-1}$)	Nitraatconsumptiesnelheid (mg $\text{NO}_3^-\text{-N.l}^{-1}.\text{h}^{-1}$)
29-Jan-96	Durme	5	0.54
		10	0.74
		20	1.32
10-Feb-96	Durme	0	0.00
		1	0.12
		5	0.35
		10	0.69
19-Feb-96	Durme	10	0.23
	Burcht	10	0.16
	Groot Buitenschoor	10	0.14
24-Apr-96	Durme	0	0.00
		1	0.26
		5	0.52
		10	0.78

3.3. ZUURSTOFCONSUMPTIE-EXPERIMENTEN

De resultaten van de zuurstofconsumptie-experimenten zijn weergegeven in de figuren 3.9 t.e.m. 3.12. Er was een duidelijk verschil tussen de blanco's en de bepalingen met sediment. De grootste zuurstofconsumptie werd vastgesteld met Durmesediment (fig 3.9 en 3.10). Na ongeveer 3 uur was alle zuurstof steeds verbruikt. Dit is heel wat sneller dan in de overige sedimenten, hoewel daar toch een onderscheid dient gemaakt. In fig 3.11 zijn de experimenten onmiddellijk na de monsternamming uitgevoerd. In fig 3.12 zijn de sedimenten wegens technische redenen eerst een tijd (een week) in het labo blijven staan. Voor Appels punt 2 bleek dit een groot verschil in resultaten op te leveren. Het verse sediment was veel actiever dan sediment dat een tijd aan getijwerking onttrokken is geweest. Voor het Groot Buitenschoor was dit minder het geval, bij sediment van Burcht was het verschil te verwaarlozen. Uiteraard is na 1 week minder beschikbare koolstof aanwezig. Maar de volgende vaststelling kan de resultaten mogelijk deels verklaren.

Het sediment van Appels bevat immers evenals dat van de Durme veel Oligocheten. Deze wormen kunnen zelfs onder lage zuurstofspanning gedijen. Door circulaire bewegingen met hun lichaam uit te voeren veroorzaken ze kleine turbulenties die hun benodigde zuurstofaanvoer op peil houdt. In het sediment dat een tijd was blijven staan waren de wormen doodgegaan. De experimenten met Durmesediment daarentegen gebeurden steeds zo vlug mogelijk waardoor de Oligocheten hun activiteit nog volop vertoonden. In sediment van Burcht of van Groot Buitenschoor komen van nature geen Oligocheten voor. In sediment van Groot Buitenschoor komt wel macrozoöbenthos voor, maar in veel lagere dichtheden dan de vernoemde Oligochetenpopulaties. In Burcht komt geen macrozoöbenthos voor.

De verschillen in zuurstofconsumptie tussen de sedimenten, enerzijds met, anderzijds zonder benthos, zijn dus wanneer verschillende lokaties met elkaar vergeleken worden ongeveer evenredig met de omvang van de benthospopulaties die in situ op deze lokaties voorkomen. Verder onderzoek kan bijgevolg besteed worden aan een betere quantificering van de invloed van benthos op zuurstofconsumptie. Dit kan gebeuren door bv. zuurstofconsumptie te bepalen van sediment van de Durme of van Appels voor en na toevoeging van een gekend aantal Oligocheten.

Burcht situeert zich in de brakwaterzone van de Zeeschelde. De saliniteit ter hoogte van Groot Buitenschoor is nog hoger. Het aanbrengen van gedemineraliseerd water kan op de organismen van deze sedimenten een negatieve invloed uitoefenen. Het is daarom aangewezen in het vervolg zuurstofconsumptie experimenten uit te voeren met gesteriliseerd Scheldewater dat van de respectievelijke lokaties wordt meegebracht.

Enkel tijdens de eerste minuten van de experimenten week de watertemperatuur af van de omgevingstemperatuur. Het water was dan iets koeler. De afwijking bedroeg echter nooit meer dan 4°C. Een temperatuurseffect was daardoor niet zichtbaar.

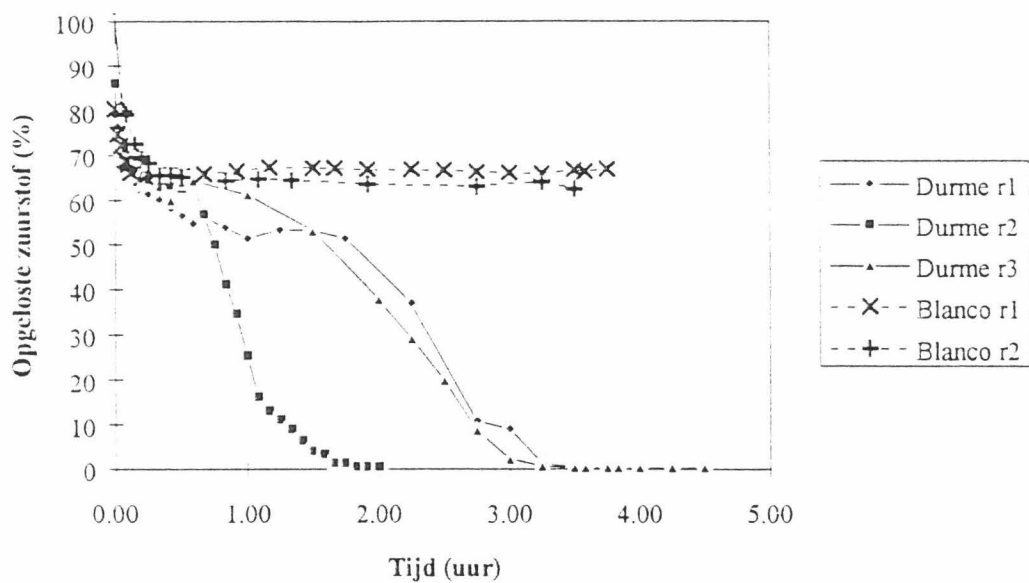


Fig. 3.9: Zuurstofconsumptie Durme sediment; datum monstername sediment: 11/01/96; datum experiment: r1: 12/01/96, r2: 13/01/96, r3: 14/01/96

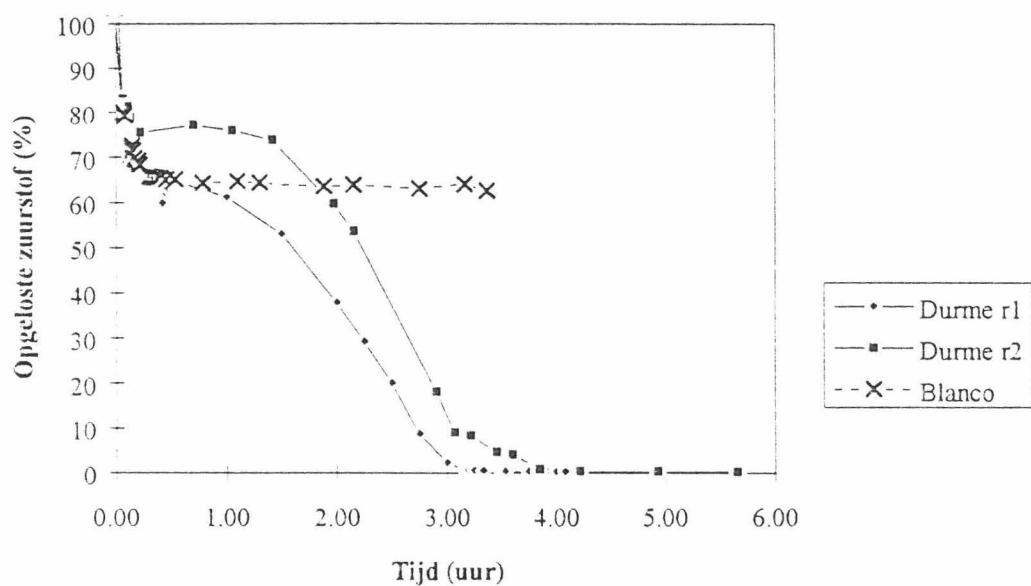


Fig. 3.10: Zuurstofconsumptie Durme sediment; datum monstername sediment: 16/03/96; datum experiment: r1: 17/03/96, r2: 18/03/96

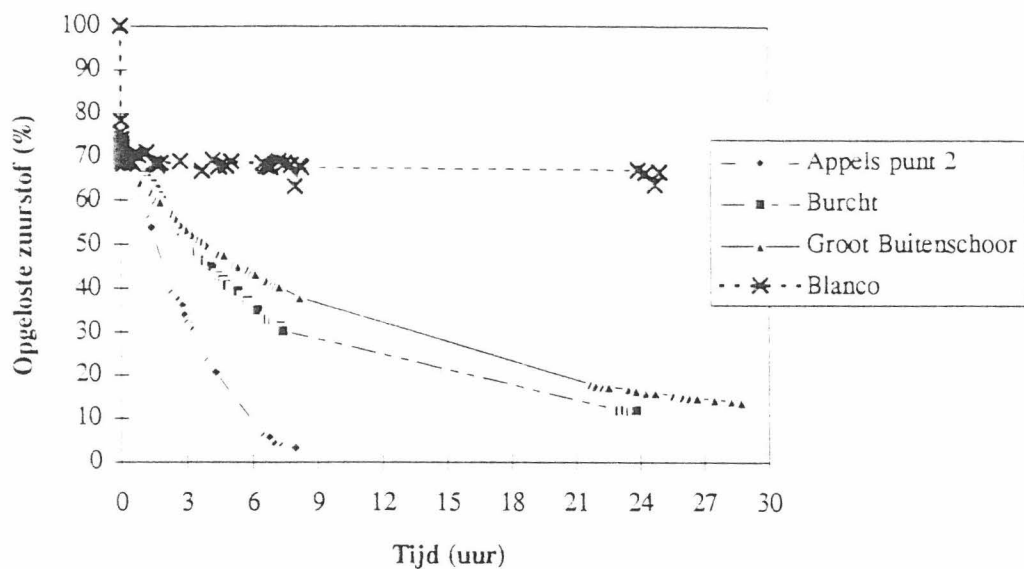


Fig. 3.11: Zuurstofconsumptie van enkele sedimenten; datum monsternamen sedimenten: 17/09/96; datum experiment: Appels: 18/09/96, Burcht: 19/09/96, Groot Buitenschoor: 20/09/96

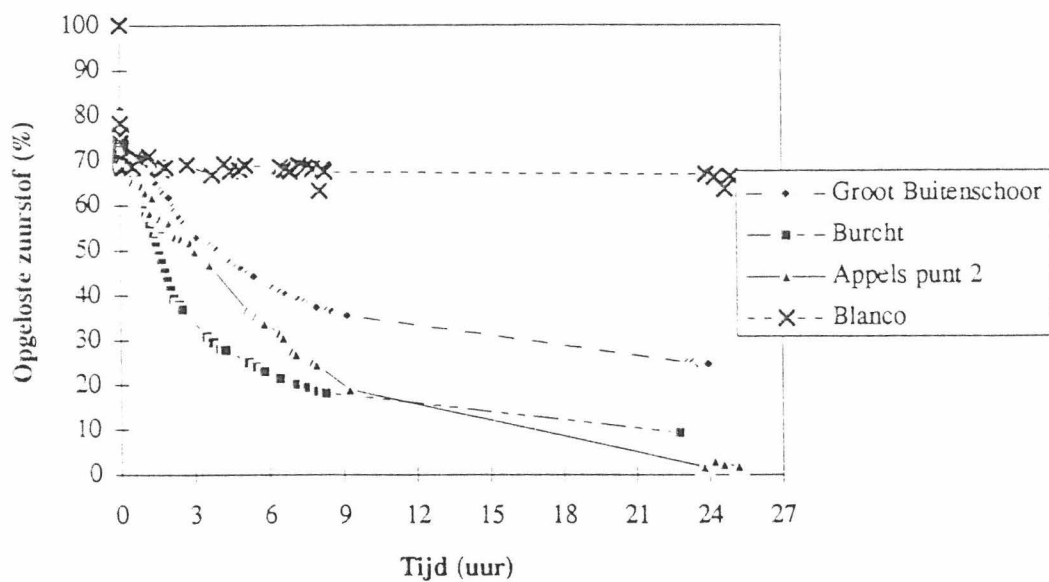


Fig. 3.12: Zuurstofconsumptie van enkele sedimenten; datum monsternamen sedimenten: 02/09/96; datum experiment: Groot Buitenschoor: 10/09/96, Burcht: 11/09/96, Appels: 12/09/96

3.4. N₂O-FLUXBEPALINGEN

3.4.1. Laboratoriumexperimenten

Deze experimenten werden uitgevoerd in combinatie met de nitraatconsumptie-experimenten. Twee experimenten werden uitgevoerd: het eerste op datum van 24/04/96, het tweede op datum van 20/05/96. De karakteristieken van de gebruikte sedimenten en het rivierwater op het moment van de bemonstering zijn terug te vinden in tabel 3.1. Het tweede experiment werd niet begeleid door een nitraatconsumptie-experiment omdat de stoomdistillatie-apparatuur in die periode defect was. De toedieningen aan het bovenliggend water bij dit experiment bestonden uit:

- 1: 0 mg NO₃⁻-N.l⁻¹
- 2: 10 mg NO₃⁻-N.l⁻¹
- 3: 10 mg NH₄⁺-N.l⁻¹
- 4: 10 mg NO₃NH₄-N.l⁻¹

De resultaten van de experimenten zijn voorgesteld in fig. 3.13 en 3.14.

De resultaten bij acetyleentoevoeging van 10Pa waren veel lager dan deze bij 10 kPa. Bij deze acetyleentoediening wordt inderdaad enkel nitrificatie geïnhibeerd. Naar stikstofverwijdering toe leveren deze resultaten geen wezenlijke bijdrage. Deze acetyleentoediening zal naar de toekomst toe niet meer worden toegepast.

Uit fig. 3.13 blijkt dat de N₂O-emissie het hoogst was na 1 dag. Alle nitraat was na 1 dag ruim geconsumeerd (fig. 3.8). Bij een toediening van 10 mg NO₃⁻-N.l⁻¹ in 40 ml bovenliggend water werd het experiment aangevangen met een beginhoeveelheid van 400 µg NO₃⁻-N. Na 1 dag was bij 10 kPa acetyleen gemiddeld 10.9 ng N₂O vrijgekomen per gram droog sediment. Rekening houdend met het vochtgehalte (tabel 3.1) en met de omrekening van N₂O naar N₂O-N kwam dus 152 ng N₂O-N vrij in het recipiënt. Van de nitraatstikstof werd dus 38 % gerecupereerd als N₂O-N. Deze berekening is voor de verschillende behandelingen van het experiment van 24/04/96 uitgevoerd en voorgesteld in tabel 3.3.

Tabel 3.3: N₂O-fluxen bij 10kPa acetyleen en verhouding t.o.v. nitraatconsumptie; datum experiment: 24/04/96

Nitraattoediening (mg NO ₃ ⁻ -N.l ⁻¹)	N ₂ O-N flux bij 10kPa acetyleen (ng.N.cm ⁻² .h ⁻¹)		N ₂ O-N afkomstig van toegediend nitraat-N
		(kg.N.ha ⁻¹ .d ⁻¹)	
0	4	0.01	100.0
1	71	0.17	45.9
5	323	0.78	40.7
10	607	1.46	38.0

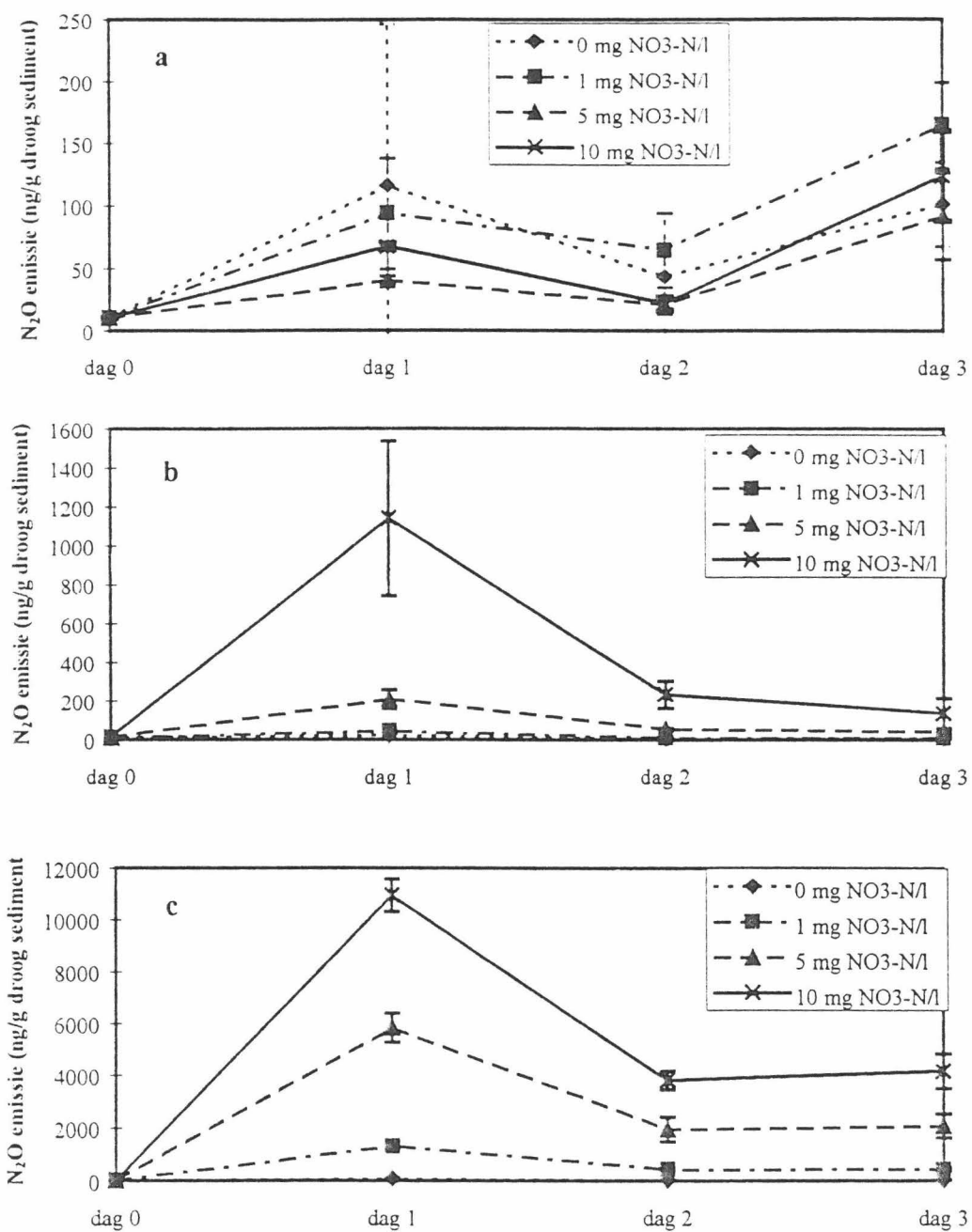


Fig. 3.13: N_2O -emissie bij a) 0 Pa acetyleen, b) 10 Pa acetyleen en c) 10 kPa acetyleen; datum experiment: 24/04/96

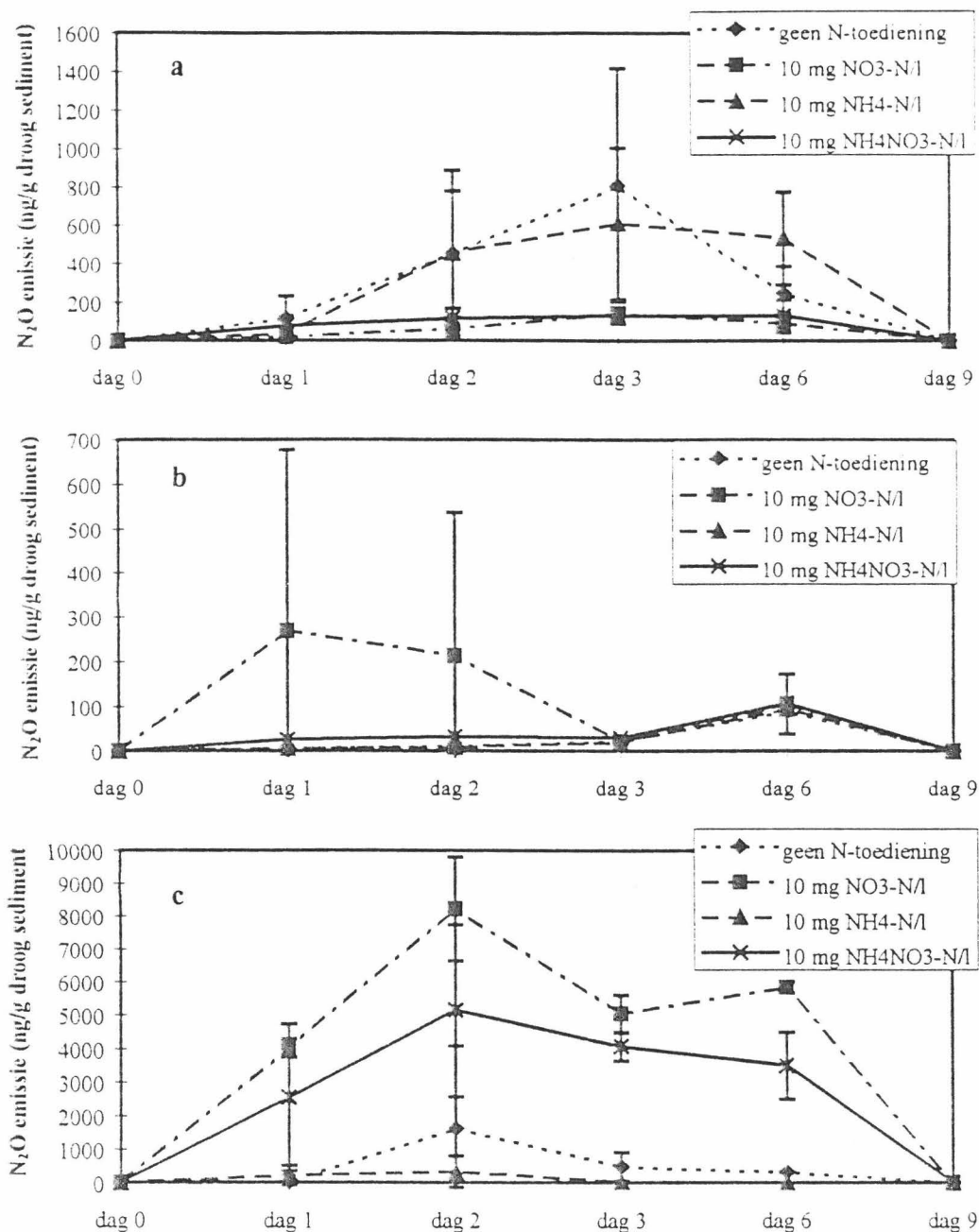


Fig. 3.14: N_2O -emissie bij a) 0 Pa acetyleen, b) 10 Pa acetyleen en c) 10 kPa acetyleen; datum experiment: 20/05/96

Naarmate de concentratie van nitraattoediening werd procentueel minder N_2O -N teruggevonden. Nochtans werd steeds een vrij hoog percentage nitraatstikstof als N_2O teruggevonden, zeker omdat de acetyleen inhibitietechniek een vrij grote onderschatting (tot 60%) van de werkelijkheid kan zijn (Seitzinger, 1988). Deze resultaten benadrukken de nood aan experimenten om uit te maken hoeveel nitraat naar assimilatie gaat i.p.v. naar denitrificatie.

Bij het tweede experiment (20/05/96) was de grootste flux na 2 à 3 dagen waargenomen (fig. 3.14). Het was niet mogelijk na te gaan of nitraat trager geconsumeerd werd dan bij het experiment van 24/04/96. Nochtans vertoonde de behandeling met 10 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{N.l}^{-1}$ bij 10kPa acetyleen een bijna even hoge N_2O -emissie. Toediening van ammonium had geen duidelijk effect. De behandeling met 10 mg $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{N.l}^{-1}$ vertoonde bij 10kPa een emissie die ongeveer de helft bedroeg dan deze bij de behandeling met 10 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{N.l}^{-1}$. De nitraathoeveelheid bedroeg ook de helft. Waar enkel ammonium werd toegediend was de emissie ook zeer gering.

Hier moet volgende opmerking gemaakt worden. Deze experimenten werden uitgevoerd bij 25°C, een optimale temperatuur voor denitrificatie. Bovendien zijn nitraatconcentraties van 10 mg/l voor de Zeeschelde zeer hoog. De nitraatconcentratie van het rivierwater situeert zich eerder tussen 0 en 2,5 mg/l. Bij deze experimenten wordt de onder bepaalde omstandigheden heersende denitrificatiecapaciteit bepaald en niet de werkelijke denitrificatie zoals die zich in het veld voordoet.

3.4.2. Randparameters bij de veldbepalingen

De randparameters van sedimenten en rivierwater bij de emissiebepalingen en laboratoriumexperimenten zijn weergegeven in de resp. tabellen 3.4 en 3.5. De fysische sedimentkarakteristieken moeten nog worden bepaald, maar nu reeds kan vermeld worden dat het dikwijls zware, kleiige of slibrijke sedimenten betrof.

Sediment van het punt aan de Durme was het meest waterverzadigd. De geringste vochtgehalten werden aangetroffen te Burcht en Appels punt 1. Deze sedimenten hadden ook het meest zandige uitzicht.

De sedimenttemperatuur was over het algemeen enkele graden lager dan de overeenkomstige temperatuur van het rivierwater.

De pH-waarden waren gelegen tussen 7,20 en 8,00.

Tabel 3.4: Karakterisatie van rivierwater sinds augustus 1996

Plaats	Datum	Temp. (°C)	pH	Sp.Cond. ($\mu\text{S/cm}$)	O_2 (mg/l)	O_2 (%)	DOC (mg/l)	NH_4^+ (mg N/l)	$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ (mg N/l)
Appels	7-Aug-96	20.4	7.52	1194	1.20	13.4	4.94	0.00	0.00
Appels	15-Aug-96	20.9	7.20	1033	1.55	16.6	18.03	0.58	0.82
Appels	29-Aug-96	19.9	7.47	1041	0.67	6.6	9.47	1.12	0.58
Appels	17-Sep-96	17.2			1.56	15.0	6.83	0.47	1.52
Burcht	26-Aug-96	20.8	7.48	5670	4.76	53.9	9.20	0.00	1.17
Durme	22-Aug-96	22.6	7.72	1392	2.90	33.4	4.46	0.58	1.87
Groot Buitenschoor	21-Aug-96	21.5	7.49	29000	6.31	71.8	6.61	0.00	0.58

Tabel 3.5: Karakterisatie van sediment sinds augustus 1996

Plaats	Datum	Vochtgehalte (g H ₂ O/100 g DS)	Temp. (°C)	pH	Sp.cond. (μS/cm)	DOC (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg N/l)	NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ (mg N/l)
Appels	07-Aug-96							
punt 1		52	18.0	7.46	467	30.81	2.68	0.00
punt 2		91	17.5	7.51	798	28.81	3.38	0.12
punt 3		83	16.0	7.42	708	36.66	3.38	0.00
punt 4		75	19.0	7.49	496	44.63	0.00	0.70
Appels	15-Aug-96							
punt 1		40	19.0	7.51	373	48.50	3.85	0.00
punt 2		96	18.5	7.36	794	31.60	3.50	0.00
punt 3		116	18.0	7.37	907	28.84	2.33	0.00
punt 4		97	17.0	7.41	688	31.32	0.00	0.00
Appels	29-Aug-96							
punt 1								
punt 2		62	16.0	7.6	645	25.56	6.88	0.12
punt 3		129	16.0	7.37	1071	12.09	0.58	0.12
punt 4		101	16.0	7.81	598	18.37	0.35	0.12
Appels	02-Sep-96							
punt 2		76	19.0	7.56	721	103.15	6.18	0.23
Appels	17-Sep-96							
punt 1		40	16.0			35.98	3.50	0.93
punt 2		53	15.0			82.23	2.68	0.12
punt 3		49	13.0			33.19	3.15	2.33
punt 4		74	11.0			20.31	0.70	0.12
Burcht	26-Aug-96	69	17.0	7.86	1538	11.44	4.90	0.12
Burcht	02-Sep-96	49	19.0	7.98	888	41.50	12.83	0.00
Burcht	17-Sep-96	46				11.71	12.37	1.28
Durme	22-Aug-96	154	21.0	7.56	1524	35.88	6.53	0.82
Groot Buitenschoor	21-Aug-96							
		88	19.5			11.22	0.93	0.00
toplaag				7.48	5300	16.25	0.23	0.00
onderlaag				7.84	4610	28.22	4.43	0.00
Groot Buitenschoor	02-Sep-96	90	20.0	7.37	5700	22.23	3.27	0.00
Groot Buitenschoor	17-Sep-96	76				19.95	1.52	0.12

Met de monsternamen gingen ook redoxmetingen gepaard. Deze zijn voor Appels terug te vinden in tabel 3.6 en voor de andere punten in tabel 3.7. Vermits de redoxpotential in de andere punten dan Appels niet vast waren gemonteerd waren de metingen er ook in mindere mate stabiel. De resultaten kunnen echter gelden als een goede indicatie van de werkelijkheid.

Tabel 3.6: Redoxpotentialaal bij de bemonstering te Appels

Niveau (cm)	E_h (mV)	punt 1		punt 2		punt 3		punt 4	
		Gem.	Stdev.	Gem.	Stdev.	Gem.	Stdev.	Gem.	Stdev.
-1						-446	37	210	75
-5				-326	0	-404	8	229	149
-10		-68	6	-189	19	-394	24	260	53
-10		-117	45	-233	29	-394	23		
-10		-129	51	-257	59				
-10		-196	7	-284	73	-395	22		
-10		-206	10						
-1						-244	39	82	114
-5						-303	66	64	31
-10		-47	19	-210	24	-221	14	2	73
-1						-229	64	56	81
-5						-338	57	57	27
-10		-103	63	-258	46	-262	22	1	78
-1						-259	73	71	116
-5						-380	15	52	17
-10		-160	63	-269	48	-359	22	-4	79
-1						-263	86	82	145
-5						-385	7	33	25
-10		-196	59	-299	59	-379	16	-12	78
-1						-261	96	79	140
-5						-386	7	44	17
-10		-193	76	-317	76	-390	24	-14	85
-1						-256	89	74	142
-5						-389	9	38	21
-10		-224	59	-320	75	-382	13	-10	77
-1				-69	6	-95	4	-31	4
-5				-88	10	-115	5	-44	7
-10				-94	15	-136	15	-27	1
-1				-133	116	-333	150	215	95
-5				-327	112	-372	29	128	156
-10		-2	24	-273	39	-390	6	-77	166

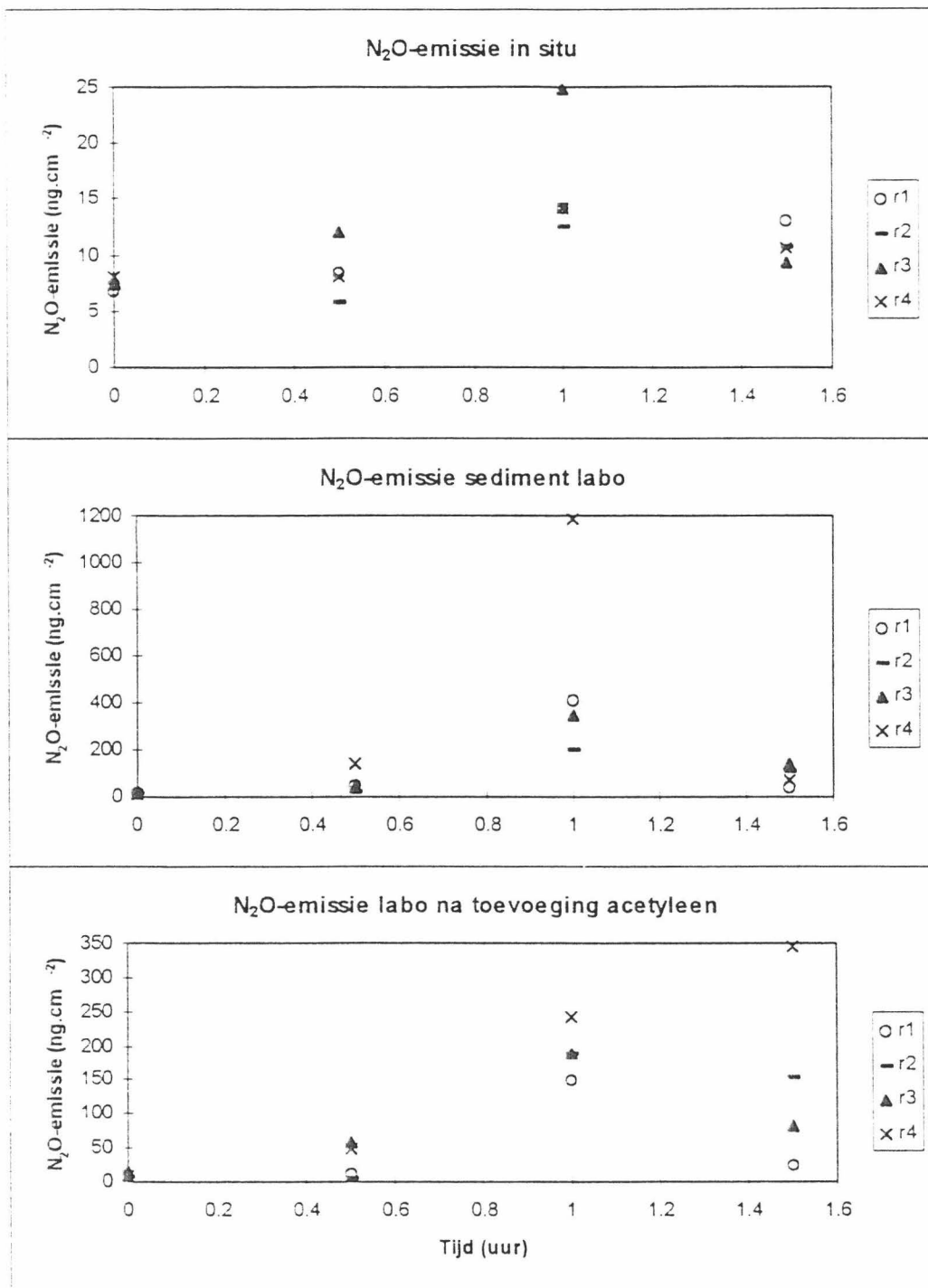


Fig. 3.15: N₂O-emissies uit sediment van Appels, punt 2, op 07/08/96

De resultaten van de N_2O -flux bepalingen zijn weergegeven in tabel 3.8.

3.4.3.1. Emissies 'in situ' via de 'gesloten box'-methode

De gemiddelde N_2O -fluxen te Appels zijn hoger in de punten 1 en 2 dan in de punten 3 en 4. Dit treedt nog duidelijker naar voor uit de maximale fluxwaarden. De hoogste waarden werden genoteerd voor Appels punt 1, Appels punt 2, en Burcht. Dit lijken lokaties met zandiger sediment dan de andere lokaties.

3.4.3.2. Emissies via de 'soil core'-methode

De waarden van Appels punt 1 en punt 2 kunnen nog hoger genoemd worden dan in de punten 3 en 4, maar dit is echter veel minder duidelijk dan bij de bepalingen in situ. De waarden voor sediment van de Durme zijn hoger dan deze van Burcht, wat bij de bepalingen in situ andersom was.

Een belangrijke vaststelling is dat de N_2O -fluxen uit de sedimentkernen in het labo veel groter waren dan de overeenkomstige fluxen in situ. Dit kan verklaard worden door het feit dat de recipiënten waarmee de sedimentkernen bemonsterd werden onderaan niet waterdicht afgesloten konden worden. Onderaan sijpelde water weg uit de veelal waterverzadigde sedimentstalen. Dit waterverlies werd bovendien gestimuleerd tijdens het transport naar het labo, omdat de kernen dan onderhevig waren aan trillingen en schokken. Weglekken van water uit sediment betekent echter dat lucht in het sediment kan dringen. Toevoegen van zuurstof tijdens het denitrificatieproces kan een wijziging in de verhouding $\text{N}_2\text{O} / \text{N}_2$ veroorzaken naar meer N_2O (Granli & Bøckman, 1994; Van Cleemput, 1994). Door de zuurstoftoevoer gebeurt het denitrificatieproces immers minder volledig, en wordt de reeks reacties niet altijd tot N_2 doorgevoerd. De temperatuurverschillen tussen veld- en labo-omstandigheden waren te gering om de grote verschillen te kunnen verklaren.

3.4.3.3. Emissies na toediening van acetyleen

De N_2O -fluxen uit de sedimentkernen in het labo na behandeling met acetyleen zijn niet veel groter of soms zelfs lager dan uit de overeenkomstige kernen zonder acetyleentoediening. Dit kan te wijten zijn aan de mogelijkheid dat geen denitrificatie meer optreedt op het ogenblik van de bepaling. Uit tabel 3.4 blijkt dat de nitraatconcentraties van het interstitieel water van de sedimenten laag tot zeer laag waren. Evenzeer kan het zijn dat de acetyleenmethode in gebreke gebleven is. De zwakheden van de acetyleen inhibitie techniek zijn immers genoegzaam bekend.

Vooreerst inhibeert acetyleen naast denitrificatie ook nitrificatie (Hynes & Knowles, 1978). Acetyleen kan dus geen verhoogde emissie van N_2O teweeg brengen als er geen nitraat'pool' in het sediment aanwezig is. Deze 'pool' was in de sedimenten inderdaad niet groot. Bij dergelijke lage nitraatconcentraties werkt de acetyleentechniek bovendien niet goed omdat N_2O -reductase dan onvoldoende wordt gereduceerd.

Tabel 3.8: N₂O-fluxbepalingen (Appels, Burcht, Durme: n = 4, Groot Buitenschoor: n = 6)

Lokatie	Datum	N ₂ O-Flux ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)									
		In situ					Labo				
		Gemiddeld	Stdev.	Max.	Min.	Gemiddeld	Stdev.	Max.	Min.	Gemiddeld	Stdev.
Appels	7/8/96										
	punt 1	6.37	4.17	11.00	0.85	329.62	165.78	517.48	190.00	95.45	52.59
	punt 2	9.02	5.38	17.01	5.53	521.87	444.47	1176.70	190.38	183.80	41.78
	punt 3	1.41	2.76	5.55	0.00	577.81	456.43	1052.50	126.40	61.61	29.72
	punt 4	4.19	2.05	6.90	1.96	85.06	54.65	150.61	37.65	27.43	20.84
Appels	5/8/96										
	punt 1	8.10	1.72	9.32	5.55	101.26	58.98	168.95	34.67	98.38	57.64
	punt 2	0.46	0.91	1.83	0.00	130.10	24.68	161.25	106.98	109.90	14.70
	punt 3	0.00	0.00	0.00	0.00	48.22	38.53	98.05	17.19	13.04	22.51
	punt 4	0.00	0.00	0.00	0.00	4.11	3.86	7.81	0.00	22.55	19.75
Appels	9/8/96										
	punt 1	2.48	2.76	5.70	0.13						
	punt 2	2.56	2.68	6.41	0.58	40.80	26.61	69.37	5.59	73.99	42.84
	punt 3	1.57	0.93	2.67	0.46	25.36	12.51	40.10	11.13	45.39	20.27
	punt 4	1.01	1.28	2.67	0.00	0.92	0.90	1.80	0.00	4.69	0.42
Burcht	6/8/96	8.87	4.53	17.20	4.93	36.91	32.18	73.55	5.65	63.25	19.20
Durme	2/8/96	1.62	0.85	2.89	1.14	85.89	48.50	143.56	25.27	135.08	62.79
Groot Buitenschoor	1/8/96	2.29	2.12	4.96	0.00	42.73	7.23	54.96	33.44	123.65	22.84

Acetyleen moet in het sediment kunnen dringen om werkzaam te zijn. Tijdens dit onderzoek gebeurde het transport van acetyleen in het sediment door diffusie. In sedimenten met een hoog klei- of slibgehalte wordt diffusie echter sterk belemmerd. De acetyleentechniek vormt dan een grove onderschatting van de werkelijke denitrificatie. Injectie van acetyleen heeft dan weer als nadeel dat samen met acetyleen ook zuurstof wordt geïnjecteerd waardoor denitrificatie verminderd zal optreden. De incubatietijd van acetyleen bleek bij de verschillende sedimenten, die meestal waterverzadigd waren, ook veel te kort te zijn om enig effect te kunnen uitoefenen. Intussen werd overgestapt op een incubatietijd van 6 uur, doch de resultaten van deze bepalingen konden voor dit verslag niet tijdig verwerkt worden. Het blijft echter de vraag of de reeds geringe nitraatvoorraad in de sedimenten na 6 uur niet reeds lang verdwenen zal zijn. De resultaten van de nitraatconsumptie experimenten sluiten dit niet uit.

Een ander probleem wordt gevormd door interferentie van sulfide. Sulfide maakt de acetyleenblokkering van het N_2O -reductase enzym ongedaan (Tam & Knowles, 1979). Uit de redoxprofielen te Appels blijkt dat sulfidevorming in het sliksediment mogelijk is op een diepte van minder dan 10 cm. De maandelijkse longitudinale profielen van de waterkwaliteit van de Zeeschelde (appendix 1) tonen aan dat samen met de saliniteitsgradiënt ook een sulfaatgradiënt aanwezig is. Sulfidevorming kan hierdoor vooral in de meest saliene zone (Groot Buitenschoor) aanleiding geven tot interferentie.

Naar de toekomst toe is het daarom belangrijk dat de recipiënten reeds in het veld waterdicht kunnen worden afgesloten. De acetyleenconcentratie moet worden verhoogd en de incubatieduur verlengd. Het komt erop neer dat de verschillende uitvoeringsvormen van de acetyleentechniek zodanig moeten gecombineerd worden dat een maximale flux bekomen wordt. In eerste instantie moeten daarom steeds van hetzelfde sediment onder verschillende acetyleenbehandelingen (diffusie, injectie, \neq incubatietijden, \neq concentraties) emissies bepaald worden. Bovendien moet de methode waarbij sedimentkernen naar het labo worden meegenomen, worden vergeleken met de methode waarbij acetyleen 'in situ' wordt toegepast.

3.4.4. Denitrificatie

De denitrificatiewaarden, zoals ze zijn afgeleid van de verschillende fluxbepalingen, zijn ondergebracht in tabel 3.9.

Tabel 3.9: Denitrificatiewaarden van sedimenten langs de Zeeschelde zoals bepaald volgens de acetyleen inhibitie techniek

Lokatie	Datum	Denitrificatie (ng.N.cm ⁻² .h ⁻¹)				(kg.N.ha ⁻¹ .d ⁻¹)			
		Gemiddeld	Stdev.	Max.	Min.	Gemiddeld	Stdev.	Max.	Min.
Appels	7/8/96								
punt 1		1.68	2.03	4.64	0.10	0.004	0.005	0.011	0.000
punt 2		2.87	2.14	5.66	0.80	0.007	0.005	0.014	0.002
punt 3		0.36	0.72	1.44	0.00	0.001	0.002	0.003	0.000
punt 4		1.79	2.70	5.82	0.13	0.004	0.006	0.014	0.000
Appels	15/8/96								
punt 1		5.04	1.52	7.06	3.42	0.012	0.004	0.017	0.008
punt 2		0.28	0.57	1.13	0.00	0.001	0.001	0.003	0.000
punt 3		0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
punt 4		3.62	5.40	11.43	0.00	0.009	0.013	0.027	0.000
Appels	29/8/96								
punt 1									
punt 2		3.44	4.08	9.51	0.95	0.008	0.010	0.023	0.002
punt 3		1.69	0.84	2.69	0.87	0.004	0.002	0.006	0.002
punt 4		2.31	2.04	3.87	0.00	0.004	0.005	0.009	0.000
Burcht	26/8/96	16.52	10.91	35.99	7.23	0.040	0.026	0.086	0.017
Durme	22/8/96	1.66	0.47	2.14	1.04	0.004	0.001	0.005	0.003
Groot Buitenschoor	21/8/96	4.59	5.04	11.42	0.00	0.011	0.012	0.027	0.000

In tabel 3.8 zijn enkele denitrificatiewaarden uit de literatuur samengevat. Vergelijking van de resultaten van de Zeeschelde met deze waarden leidt tot volgende vaststelling. De bekomen denitrificatiewaarden zijn 1 of 2 grootte ordes lager dan de waarden van oeverzones, riviersedimenten of sedimenten van zoutmoerassen. De resultaten komen eerder overeen met deze van onbemeste graslanden of bosbodems. Dit bevestigt de veronderstelling dat de resultaten een grove onderschatting zijn.

Tabel 3.10: Overzicht van enkele denitrificatiewaarden (jaargemiddelden) uit de literatuur.

Lokatie	Denitrificatiesnelheid	voetnoot [*]	Bron
grasland		1	Colbourn (1992)
	0,02 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	a	
	0,3-0,7 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	b	
	1,0 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	c	
	1,33 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	d	
bosbodem			
Michigan		2	Groffman et al(1992)
klei	0,008 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹		
leem	0,028 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹		
zand	0,002 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹		
oeverzone			
Georgia, U.S.A.	0,086 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	3	Lowrance et al(1984)
elzenbos, la Louge, Frankrijk	0,14 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	4	Pinay (1986)
oeverbos, la Louge, Frankrijk		5	Pinay et al (1993)
hoogste site	0,31 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	a	
middensite	0,22 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	b	
middensite	0,16 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	c	
laagste site	0,15 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	d	
riviersediment			
Canagagigue Creek, Ontario		6	Chatarpaul et al(1980)
zonder wormen	0,50 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹		
met wormen	0,90 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹		
zoutmoeras			
Massachusetts		7	Kaplan et al (1979)
pannen	0,56 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	a	
algenmat	0,29 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	b	
kreekbodem	0,67 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	c	
laagmoeras <i>tall S alt</i>	0,56 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	d	
laagmoeras <i>short S alt</i>	0,41 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	e	
hoogmoeras	0,21 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	f	
marien sediment			
Noordzeekust	0,17 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹	8	Billen (1978)
water			
Lake Mendota (hypolimnion)	8,4-26 µg.l ⁻¹ .d ⁻¹	9	Brezonik & Lee(1968)
Baltische Zee	1,4 µg.l ⁻¹ .d ⁻¹	10	Shaffer & Rönner (1984)

* 1. Acetyleen inhibitietechniek; labo: a. onbemest; b. bemest met 70-190 kg ureum-N/ha; c. bemest met 200 kg schaaupurine-N/ha; incubatie 16 d; d. bemest met 80 kg NO₃-N/ha; incubatie dag 1-10.

2. Analyse op regionale schaal m.b.v. GIS; extrapolatie van experimentele sites.

3. In situ acetyleen inhibitietechniek; 24 u incubatie; jaargemiddelde; N-inputs (kg.ha⁻¹.d⁻¹): precipitatie 0,039, aquifer 0,081, N-fixatie 0,029. 4. Acetyleen inhibitietechniek; maximale waarde (zomer, spatzone van de oever); in situ metingen met incubatieduur van 4 u bij omgevingstemp van 2°C (november) gaven waarden van 0,0025 tot 0,010 kg/ha/d midden in het elzenbos. 5. In situ acetyleen inhibitietechniek; 4-8 u incubatie; jaargemiddelden van 33 metingen; range (kg/ha/d): a. 0,04-0,79; b. 0,03-0,64; c. 0,04-0,50; d. 0,03-0,40.

6. Labo: ¹⁵N isotooptechniek; 1,82 g NO₃-N/ha mest toegediend; t: 15°C.

7. In situ rechtstreekse meting onder He atmosfeer; jaargemiddelden: N-fixatie ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$): a. 0,06; b. 0,06; c. 0,01; d. 0,02 (algen) + 0,23 (rhizosfeerbact.); e. 0,02 (algen) + 0,33 (rhizosfeerbact.); f. 0,01 (algen) + 0,11 (rhizosfeerbact.).
8. Berekend via mathematische analyse van concentratieprofielen van porienwater en gemeten consumptie van experimenteel toegevoegde nitraathoeveelheden; jaargemiddelde.
9. Berekend als verschil tussen verdwijning van nitraat uit het meer en produktie van $^{15}\text{NH}_4^+$ en ^{15}N -organische N uit $^{15}\text{NO}_3^-$; zomerwaarde; $7 \mu\text{M NO}_3^-$.
10. Berekend a.h.v. nitraatwrijvingen in zuurstofarm water beneden de halocline: $<10 \mu\text{M NO}_3^-$.

3.5. REDOXPOTENTIAAL-PROFIEL

De begeleidende redoxmetingen bij de fluxbepalingen toonden aanwijzingen dat de redoxpotentiaal varieerde binnen een getijcyclus. Daarom werd besloten gedurende een getijcyclus de redoxpotentiaal te Appels intensief te volgen. Daarbij moest rekening gehouden worden met het feit dat het enkel mogelijk was metingen uit te voeren zolang het mogelijk was de referentieëlectrode in het sediment te bevestigen, dus bij laag water en wanneer het sediment maar pas werd overspoeld. De metingen gebeurden op 20/08/96, en werden herhaald op 18/10/96. De resultaten van 18/10/96 konden in dit verslag niet worden opgenomen.

De gemiddelden van de metingen op -10 cm zijn voorgesteld in fig. 3.16. De metingen omspannen de periode van laag water van een getijcyclus. De pijltjes duiden het moment aan waarop het sedimentoppervlak vrij kwam. Punt 4 bleef gedurende de metingen onafgebroken vrij. Dat punt wordt enkel bij springtij overspoeld. De afzonderlijke metingen per elektrode zijn voor de punten 2, 3 en 4 voorgesteld in fig. 3.17 t.e.m. fig. 3.19.

Vooraf moet echter een belangrijke opmerking gemaakt worden. Ondanks de zorg die besteed werd om turbulentie rond de elektroden tot een minimum te beperken kon niet verhinderd worden dat het sediment sterk onderhevig was aan erosie en sedimentatie. Langs de steiger waren bovendien erosiegeulen ontstaan zodat het sedimentoppervlak op veel plaatsen bulten en geulen vertoonde. Deze storende invloed was het best merkbaar op punt 1. De impact nam geleidelijk af naar punt 4 toe. Op punt 4 was geen duidelijke invloed merkbaar. Het gevolg hiervan was dat op punt 1 de diepte van de elektroden in het sediment sterk verminderd was. De elektroden die op -1 en -5 cm dienden te zitten waren zelfs in contact met de lucht. De elektroden die op -10 cm dienden te zitten zaten in werkelijkheid op -3 tot -4 cm. Vermits op punt 1 enkel de elektroden gemeten werden die niet vrijgespoeld waren had het niet veel zin de figuur met de afzonderlijke metingen per elektrode van dit punt weer te geven. Tijdens de metingen spoelden op punt 2 de elektroden van het niveau -1cm vrij door water dat langs een erosiegeultje naar de rivier stroomde. Dit is in fig. 3.17 te zien doordat bij het vrijkomen van de elektroden de redoxpotentiaal plots steeg. Ook 1 elektrode van het niveau -5cm in punt 2 was vrijgespoeld. In fig. 3.17 is dit de enige reeks data die steeds positief blijft. Op de punten 3 en 4 bleven de elektroden op hun juiste plaats.

Het is dus zo dat in fig. 3.16 eigenlijk verschillende dieptes t.o.v. het sedimentoppervlak met elkaar vergeleken worden. Nochtans blijkt uit fig. 3.18 dat in punt 3, waar de elektroden ongeveer op hun juiste plaats zaten, alle dieptes ongeveer dezelfde resultaten vertoonden. Er blijft desondanks enig voorbehoud bij de bespreking van de resultaten.

Alle resultaten tonen duidelijk aan dat de redoxpotentiaal van de punten in het slik op om het even welke diepte steeds daalde met verloop van tijd. Die daling verliep het snelst in punt 3 en het traagst in punt 1. In het sulfaatreductiegebied minderde de daling.

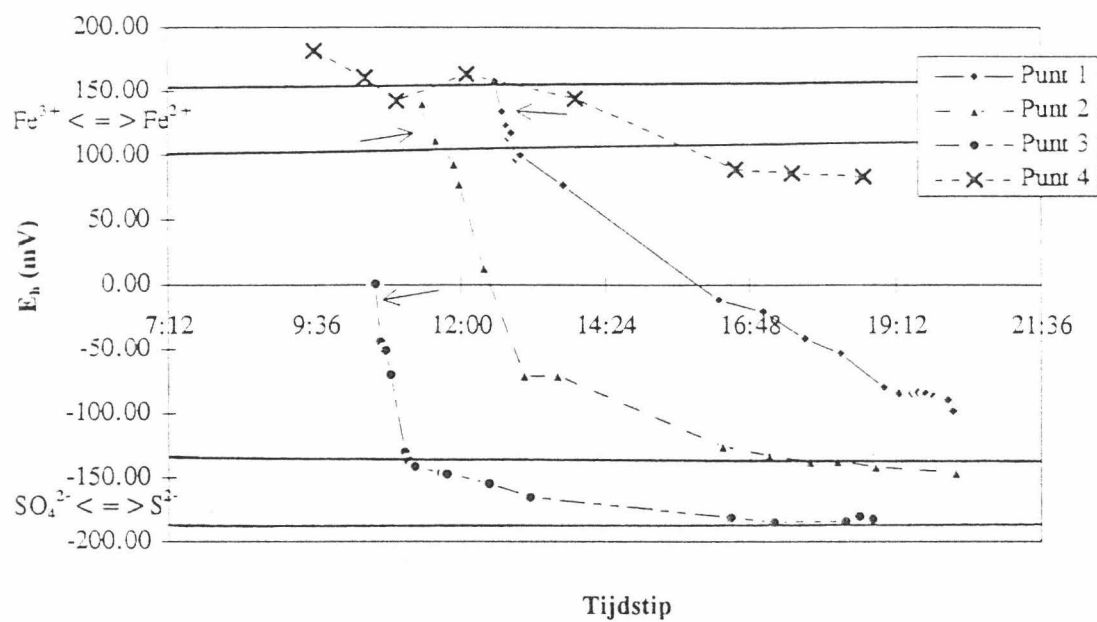


Fig. 3.16: Gemiddeld redoxverloop van de elektroden op -10 cm te Appels op 20/08/96

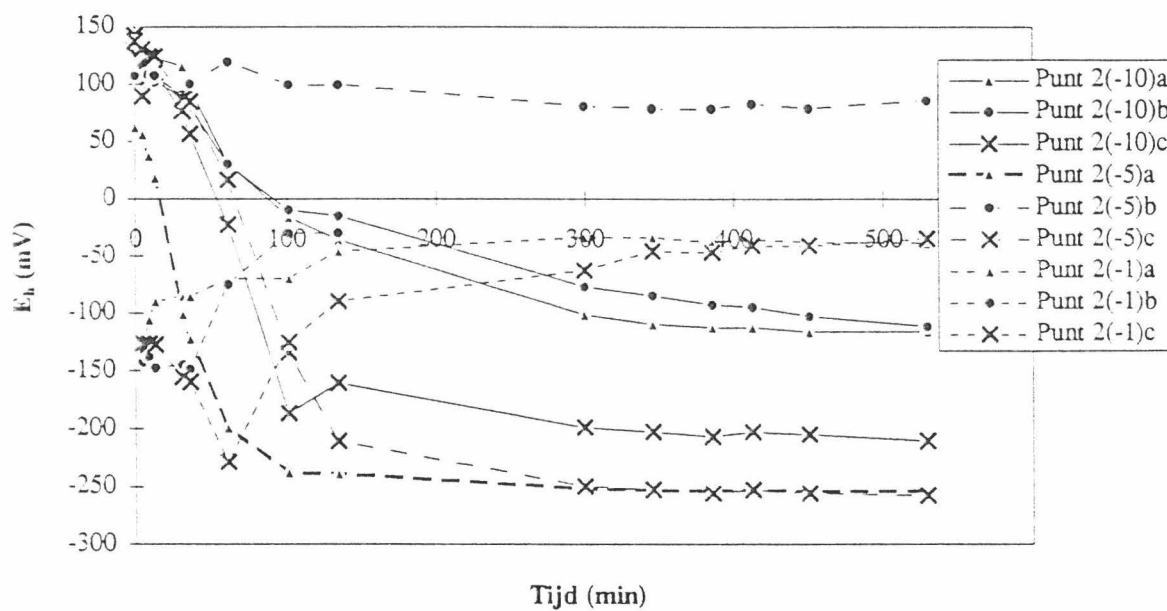


Fig. 3.17: Redoxverloop van de afzonderlijke elektroden te Appels punt 2 op 20/08/96

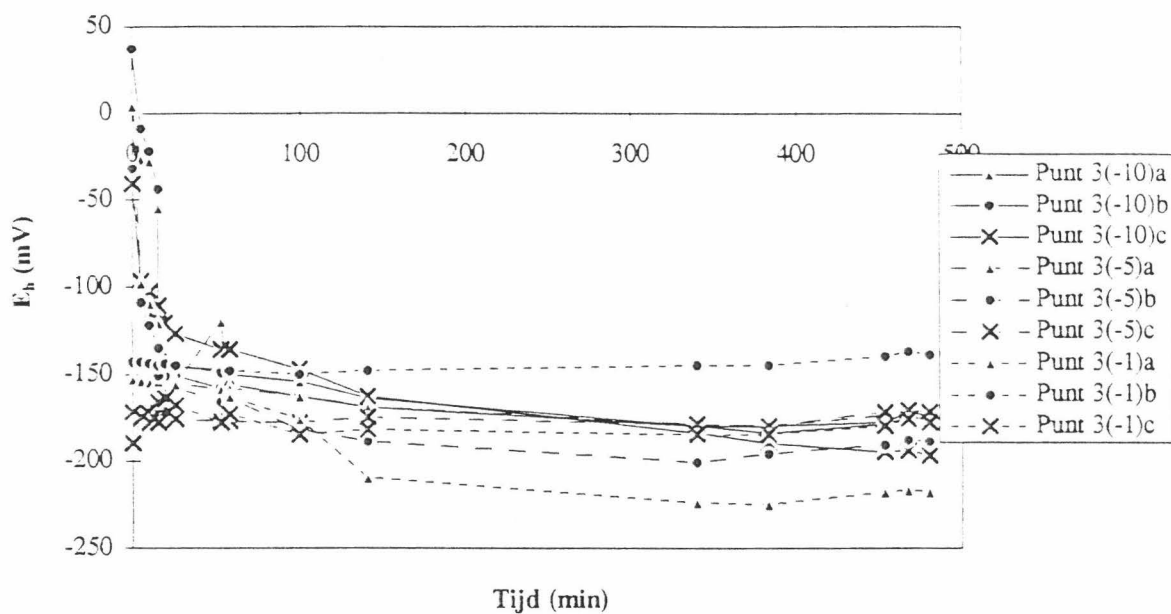


Fig. 3.18: Redoxverloop van de afzonderlijke elektroden te Appels punt 3 op 20/08/96

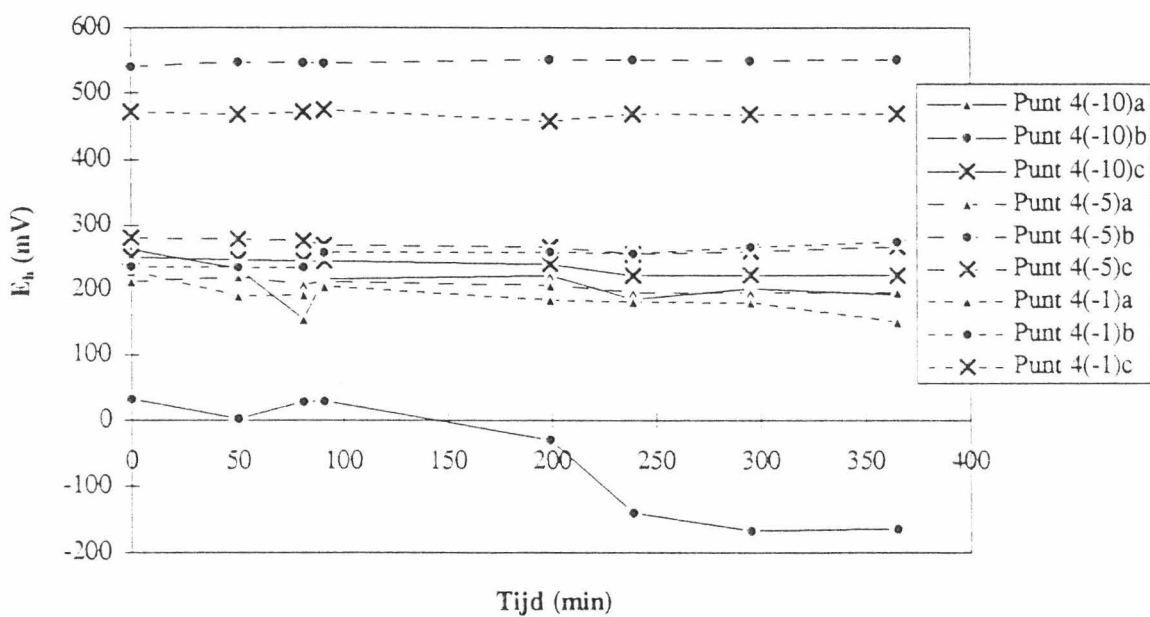


Fig. 3.19: Redoxverloop van de afzonderlijke elektroden te Appels punt 4 op 20/08/96

De zeer snelle daling van de redoxpotential bij het vrijkomen van het sedimentoppervlak is echter deels ook te verklaren door een artefact, nl. het opdrogen van de electrode. Wanneer het sediment immers vrijkomt is het bovenste deel van de electrode, het vrije stuk koperdraad waar de klem van de redoxmeter op aangesloten wordt, nog vochtig. Het al dan niet vochtig zijn van het koper gaf een verschil in resultaten. Een test werd uitgevoerd om het verschil te registreren. Daarbij werden enkele metingen uitgevoerd met elektroden die bovenaan volledig droog waren en die daarna werden nat gemaakt met rivierwater. Het verschil bedroeg ongeveer 30 mV. In fig. 3.16 komt dit telkens overeen met de sterke daling tijdens de eerste minuten van de onderlinge datareeksen. De dag van de metingen was het zeer warm zomerweer, en het duurde inderdaad niet lang voor de elektroden aan het bovenste uiteinde gedroogd waren. Het blijft echter aangewezen naar de toekomst toe de elektroden goed te reinigen en af te drogen vooraleer met de metingen kan begonnen worden.

Ondanks dit artefact blijft het duidelijk dat de redoxpotential een werkelijke daling vertoont. Dit staat in tegenstelling met de hypothese die vooraf werd verondersteld, nl. dat bij laag water zuurstof in het sediment zou doordringen waardoor de redoxpotential zou toenemen. Een verklaring voor de resultaten kan misschien verstrekt worden door volgende hypothese.

Het water van de Zeeschelde te Appels bevat een hoeveelheid zuurstof, nitraat, en sulfaat. Dit blijkt uit de gegevens in appendix 1. Bij hoog tij komt dit water in contact met het sliksediment. Door stroming, windwerking, en door golfslag vanwege de scheepvaart wordt het sediment door het rivierwater in suspensie gebracht. De bestanddelen van het rivierwater worden hierdoor met het sediment vermengd. Wanneer het water aftrekt blijven de bestanddelen in het sediment achter. Achtereenvolgens worden zuurstof, nitraat, in mindere mate mangaan en ijzer, en ten slotte sulfaat en koolstofdioxide in het sediment gereduceerd. Bij laag water zou op die manier dus gereduceerd worden hetgeen bij hoog water is aangevoerd door de rivier, eerder dan dat bij laag water mineralisatieprocessen t.g.v. het vrij staan aan de lucht zouden domineren. Dit houdt in dat indien deze veronderstelling waar is de aanvoer van rivierwater van veel groter belang is voor nitraatverwijdering dan vrijstelling van sediment aan de lucht.

Het punt in het schor, punt 4, was een punt apart. Fig. 3.19 toont dat de redoxpotential er nagenoeg ongewijzigd bleef. De bodem was er tijdens deze getijcyclus immers niet overspoeld. De variatie van de verschillende replica is er ook veel groter dan bij de punten op het slik zoals bv. punt 3 (fig. 3.18). Die grotere variatie heeft zeer waarschijnlijk te maken met de grotere heterogeniteit van de bodem in het schor t.o.v. het slik. In de schorbodem zitten organisch materiaal en minerale bestanddelen clustervormig verdeeld.

BESLUIT

Tussen de verschillende monsterpunten langsheen de saliniteitsgradiënt is een niet onaanzienlijke variatie van nitraatconsumptie vastgesteld. Het punt aan de Durme was biologisch veel actiever dan de andere punten. Denitrificatie maakte er een groot deel uit van de nitraatconsumptie. Van alle punten toonde dit punt het meest gelijkenis met aangelegde terrassen als alternatieve oeverversteving. Het meest saliene punt, dat op het Groot Buitenschoor, vertoonde de traagste nitraatconsumptie. Het is echter te vroeg om uitspraken te kunnen doen omtrent variatie in de tijd.

De methode waarbij fluxbepalingen in het labo worden uitgevoerd met en zonder acetyleen, waarna de verhoudingen worden teruggerekend naar de fluxbepalingen in situ, werkt niet. Het is de vraag of ze ooit zal werken. Hoe langer de incubatieduur met acetyleen immers ingesteld wordt, hoe verder de nitraatvoorraad in het sediment intussen slinkt. Nitrificatie wordt immers eveneens geïnhibeerd. Hoe intenser denitrificatie in dergelijk waterverzadigd sediment verloopt, hoe slechter de methode werkt want hoe sneller de nitraatvoorraad uitgeput raakt.

Een mogelijke hypothese over de situatie te Appels waarin de resultaten zich misschien kunnen situeren is de volgende. Het sediment op het slik vertoont een zandiger uitzicht tegen de laagwaterlijn. De helling van het slik is er ook steiler. Dit kan verklaard worden door de stroomsnelheid en de getijdynamiek, maar ook door de intense scheepvaart. Bij laag water is de vaargeul smaller en minder diep, zodat de golfwerking door waterverplaatsing een grotere impact op de oevers heeft. Erosie gebeurt intenser tegen de laagwaterlijn met een grovere sedimentstructuur tot gevolg. Hoger op het slik wordt het sediment steeds fijner en meer waterverzadigd. Deze laag wordt ook dikker hoger op het slik. Dit is eenvoudig vast te stellen door bij laag water langs de verticale gradiënt te stappen. Hoe dicht de laagwaterlijn bereikt wordt, hoe consistenter het loopvlak wordt, en hoe minder diep men in het slik wegzakt. Onder de waterverzadigde laag hoger op het slik bevindt zich echter een sedimentlaag die meer lijkt op het sediment tegen de laagwaterlijn: zandiger en minder waterverzadigd. Uit voorlopige resultaten van andere OMES-projecten blijkt dat onder het slik en het schor schommelingen van de grondwatertafel plaatsvinden. Het zou daarom misschien kunnen dat het getij een waterbeweging onder het slik teweeg brengt. Nitraat zou aldus door het getij onder het slikoppervlak kunnen gestuwd worden via de zone waar meer zandig sediment aan het oppervlak aanwezig is. Denitrificatie zou zich dan eventueel op grotere diepte kunnen afspelen dan werd verondersteld. Om uitsluitsel te geven over deze hypothese is het aangewezen deze studie te laten begeleiden door een hydrologische studie van het slik te Appels.

Aanpassingen aan het oorspronkelijk werkplan worden hieronder voorgesteld.

Grotere aandacht zal gegeven worden aan de combinatie van nitraatconsumptie-experimenten en denitrificatiebepalingen in incubatiereciënten. Daaraan moeten de geplande experimenten om nitraatassimilatie in te schatten worden gekoppeld. Nitraatconsumptie-experimenten zijn gepland bij verschillende temperaturen, maar de incubatietemperatuur zal worden aangepast volgens de heersende temperatuur in situ. Zodoende zal geen onnodig groot verschil veroorzaakt worden tussen veld- en laboratoriumomstandigheden.

Enkele fluxbepalingen zijn gepland onder aangepaste omstandigheden. Indien de resultaten veel lagere waarden blijven vertonen t.o.v. de incubatie-experimenten en de literatuurgegevens, dan kan aangenomen worden het geen zin heeft met de 'soil core'-methode door te gaan. Van groot belang is dat de methode kan getoetst worden aan de resultaten van de automatische N_2O analyser van het C.E.M.O., en dat verder met deze apparatuur kan worden gewerkt indien de resultaten ervan behoorlijk zijn. Een ander alternatief zou er kunnen uit bestaan dat bij laag water nitraatconsumptie van de door de rivier aangevoerde nitraatvoorraad in situ wordt bepaald. Daarvoor is een efficiënte fixeertechniek nodig. Gecombineerd met redoxprofielen zouden dergelijke resultaten nuttige informatie kunnen opleveren omtrent de dynamiek van de stikstofcyclus.

Te Appels zullen enkele redoxelectroden op grotere diepte dan 10 cm aangebracht worden. Ook zullen in het laboratorium experimenten opgezet worden waarbij elektroden in sediment de invloed zullen registreren van verschillende behandelingen zoals het aanbrengen van nitraatconcentraties in bovenstaand water. De invloed van de zoutgradiënt zal ook hier worden onderzocht.

LITERATUURLIJST

- ALLISON, L.E. (1965). Organic carbon. In: BLACK, C.A. (ed.) Methods of soil analysis, part 2. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. Agronomy, 9, 1367-1378.
- BREMNER, J.M. (1965a). Inorganic forms of nitrogen. In: BLACK, C.A. (ed.) Methods of soil analysis, part 2. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. Agronomy, 9, 1179-1237.
- BREMNER, J.M. (1965b). Total nitrogen. In: BLACK, C.A. (ed.) Methods of soil analysis, part 2. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. Agronomy, 9, 1149-1178.
- CHATARPAUL L., ROBINSON J. B., KAUSHIK N. K. (1980) Effects of tubificid worms on denitrification and nitrification in stream sediment. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 37, 656-663.
- COLBOURN P. (1992) Denitrification and N₂O production in pasture soil: the influence of nitrogen supply and moisture. Agricultural Ecosystems and Environment, 39, 267-278.
- HYNES R. K., KNOWLES R. (1978) Inhibition by acetylene of ammonia oxidation in *Nitrosomonas europaea*. FEMS Microbiology Letters, 4, 319-321.
- GRANLI T., BØCKMAN O. C. (1994) Nitrous oxide from agriculture. Norwegian Journal of Agricultural Sciences, supplement 12, 128 p.
- GROFFMAN P. M., TIEDJE J. M., MOKMA D. L., SIMKINS S. (1992) Regional scale analysis of denitrification in north temperate forest soils. Landscape Ecology, 7, 45-53.
- KAPLAN W., VALIELA I., TEAL J. M. (1979) Denitrification of a salt marsh ecosystem. Limnology and Oceanography, 24, 726-734.
- LOWRANCE R., TODD R., FAIL Jr. J., HENDRICKSON Jr. O., LEONARD R., ASMUSSEN L. (1984) Riparian forests as nutrient filters in agricultural watersheds. BioScience, 34, 374-377.
- MORAGHAN, J.T., BURESH, R. (1977) Correction for dissolved nitrous oxide in nitrogen studies. Soil Science Society of America Journal, 41, 1201-1202.
- PINAY G., ROQUES L., FABRE A. (1993) Spatial and temporal patterns of denitrification in a riparian forest. Journal of Applied Ecology, 30, 581-591.
- RYDEN J.C., LUND L.J., FOCHT D.D. (1978). Direct in-field measurement of nitrous oxide flux from soils. Soil Science Society of America Journal, 42, 731-737.
- SEITZINGER S. P. (1988) Denitrification in freshwater and coastal marine ecosystems: ecological and geochemical significance. Limnology and Oceanography, 33, 702-724.
- TAM T. Y., KNOWLES R. (1979) Effects of sulfide and acetylene on nitrous oxide reduction by soil and by *Pseudomonas aeruginosa*. Canadian Journal of Microbiology, 25, 1133-1138.
- VAN CLEEMPUT O. (1994) Biogeochemistry of nitrous oxide in wetlands. Current Topics in Wetland Biogeochemistry, 1, 3-14.

VAN DAMME S., MEIRE P., MAECKELBERGHE H., VERDIEVEL M., BOURGOING L., TAVERNIERS E., YSEBAERT T., WATTEL G. (1995) De waterkwaliteit van de Zeeschelde: evolutie in de voorbije dertig jaar. *Water*, 85, 244-256.

VERLOO, M. (1988). Chemische karakterisatie van bodemverontreiniging. Syllabus. Faculteit Toegepaste Biologische en Landbouwwetenschappen, Universiteit Gent.

APPENDIX 1:

Data van de maandelijkse bootcampagne

Tabel 1: Data van de maand december 1995

	Code	Datum	Tijd	Temp (°C)	pH	Sp cond (µS/cm)	Salin Cl (mg/l)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	BZV (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	Kjeld-N (mg/l)	PO ₄ ³ -P (mg/l)	tot-P (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Eh (mV)	Turb (NTU)
Boei 89	9.1	12/12/95	11:35	7.05	7.6	21800	7190	8.33	69	9	3.6	0.12	0.24	0.87	0.25	0.33	1015	372	
Boei 92	10.1		12:05	7.11	7.5	18000	5740	5.71	49.7	9	4	0.13	0.42	1.2	0.26	0.42	835	458	
Boei 105	11.1		12:49	6.51	7.4	10000	66.3	2.31	19.4	17	4	0.14	1.8	3.1	0.34	0.78	460	400	
Antwerpen	12.1		13:23	5.77	7.6	3410	20.4	1.55	12.4	24	2.9	0.15	4.4	5.8	0.38	0.6	185	386	
Kruikeke	13.1		13:56	5.08	7.6	1850	11.3	0.45	3.5	24	2.3	0.2	5.8	7.7	0.44	0.84	125	354	
Bazel	13.2		14:15	4.81	7.6	1590	9.9	0.53	4.1	25	2.3	0.22	6.1	8.3	0.48	1.1	120	357	
Steedorp	14.1		14:43	4.44	7.65	1350	7.7	1.62	12.4	23	3.05	0.04	5.9	8.6	0.55	1.55	117	374	
Tense	14.2		15:03	4.44	7.75	1260	7.2	2.26	17.3	25	3.3	0.04	5.9	9.1	0.64	2.35	120	366	
StAmands	15.1		15:44	4.59	7.8	1170	6.6	3.1	23.8	23	2.9	0.05	6.7	9	1.1	2.3	128	372	
Vlassenbr	16.1																		
Denderm	16.2	12/11/95	9:52	4.65	7.65	1160	102	3.19	24.7	29	2.7	0.06	6.8	9.2	1.15	2.2	124		
Denderm	16.2	12/18/95	9:24	3.81	7.65	1170	6.6	4.63	34.7	21	2.2	0.29	8.5	10.9	1.25	2	129	303	45.5
StOnolfs	17.1		9:55	4.15	7.65	1170	6.5	3.8	28.9	18	2.7	0.38	9.7	10.9	1.3	1.8	132	327	32.4
Appels	17.2		10:20	4.16	7.65	1175	6.5	3.41	25.9	13	2.6	0.51	10	11	1.25	1.6	132	329	27.3
Unbergen	18.1		11:01	4.78	7.6	1150	6.2	3.12	24	11	2.3	0.86	9.7	10.7	1.15	1.5	127	330	16.4
Wetteren	19.1		11:37	7.24	7.6	1145	6.4	2.95	24.1	11	2.1	0.98	10.1	11.3	1.2	1.55	127	326	8.7
Melle	20.1		12:14	7.61	7.6	1150	6.4	3.14	26	11	2	1.1	10.3	11.5	1.2	1.55	128	321	10.3

Tabel 2: Data van de maand januari 1996

	Code	Datum	Tijd	Temp (°C)	pH	Sp cond (µS/cm)	Salin	Cl (mg/l)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	BZV (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	Kjeld-N (mg/l)	PO ₄ ³ -P (mg/l)	tot-P (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Eh (mV)	Turb (NTU)
Boei 89	9.1	1/9/96	11:00	4.6	7.55	16800		5440	8.45	65.9	13.5	3.7	0.08	1.8	2.65	0.19	0.45	820		
Boei 92	10.1		11:25	4.5	7.45	12490		3960	6.86	53.6	12.5	3.9	0.05	2.5	4	0.2	0.6	633		
Boei 105	11.1		11:50	4	7.5	5040		1380	3.74	28.7	12.5	3.9	0.03	4.5	6.1	0.23	0.75	268		
Antwerpen	12.1		12:17	3.8	7.5	1820		360	2.3	17.8	8.5	3.8	0.01	5.5	7.1	0.22	0.45	123		
Kruibeke	13.1		12:45	3.7	7.45	1250		190	1.64	12.5	14	3.8	0.02	5.9	8.7	0.22	1.4	106		
Bazel	13.2		13:00	3.5	7.45	1170		163	2.12	16.2	14	4.1	0.03	5.8	8.55	0.25	0.93	106		
Steendorp	14.1		13:20	3.3	7.45	1040		108	3.75	28.3	16.5	5.1	0.03	5.6	8.5	0.32	1.75	110		
Tenise	14.2		13:45	3.3	7.45	980		92	4.45	34.2	30	5.3	0.04	5.4	8.3	0.4	2.55	115		
StAmands	15.1		14:40	3.5	7.45	1015		88	5.04	38.8	24	4.7	0.09	5.3	8.2	0.58	2.05	124		
Vlassenba	16.1		15:40	4.6	7.5	995		80	4.95	39.9	27	4.5	0.17	5.5	8.5	0.65	1.9	122		
Denderin	16.2	1/10/96	9:20	3.9	7.5	1015		87	4.22	35.3	25	4.6	0.06	5.5	8.1	0.56	1.65	132		
StOnofis	17.1		9:50	4.1	7.6	1015		86	4.69	35.9	13.5	4.4	0.09	5.2	7.85	0.6	1.5	125		
Appels	17.2		10:10	4.8	7.55	1010		84	4.8	38	13.5	4.4	0.07	5.4	8.05	0.6	1.55	121		
Uitbergen	18.1		10:50	5.8	7.6	1005		75	4.69	38.2	16	4.8	0.16	6.5	9	0.69	1.45	124		
Wetteren	19.1		11:30	6.1	7.6	1015		77	4.53	36.7	13.5	4.6	0.19	6.1	8.75	0.75	1.3	127		
Melle	20.1		12:00	6.5	7.55	1015		78	4.73	38.7	12	4.5	0.2	5.5	8	0.75	1.1	116		

Tabel 3: Data van de maand februari 1996

	Code	Datum	Tijd	Temp (°C)	pH	Sp cond (µS/cm)	Salin	Cl (mg/l)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	BZV (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	Kjeld-N (mg/l)	PO ₄ ³ -P (mg/l)	tot-P (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Eh (mV)	Turb (NTU)
Boei 89	9.1	2/6/96	10:24	2.27	7.6	18800		6045	9.69	75.4	8	3.7	0.07	1.95	2.5	0.21	0.84	855	368	197
Boei 92	10.1		10:50	2.17	7.6	14900		4585	8.62	65.7	10.5	3.8	0.05	2.6	3.2	0.19	0.72	705	339	165
Boei 105	11.1		11:21	1.76	7.6	6972	47.6	1840	6.2	45.1	8	3.45	0.02	5.2	6.2	0.25	0.84	335	419	144
Antwerpen	12.1		11:51	1.48	7.65	2579	16.0	524	4.02	28.5	7.5	3.1	0.01	6.7	7.85	0.32	0.48	147	389	34
Kruibeke	13.1		12:24	1.26	7.5	1691	10.1	259	2.24	15.8	9.5	2.95	0.04	7.2	9.5	0.4	1.4	109	386	132
Bazel	13.2		12:42	1.12	7.55	1537	9.1	217	2.84	19.8	11	3.1	0.04	7.3	9.3	0.43	1.35	110	352	121
Steedorp	14.1		13:06	0.62	7.65	1326	7.8	136	4.85	33.4	17	3.75	0.02	7.3	9.25	0.51	1.7	124	343	302
Tense	14.2		13:31	0.74	7.65	1267	7.4	115	5.46	37.8	21.5	3.85	0.03	7.6	9.95	0.6	2.5	128	349	491
StAmands	15.1		14:14	1.65	7.65	1264	7.4	99	4.67	33.1	23	4.05	0.1	8.3	10.3	0.87	2.35	130	344	357
Vlaanderen	16.1		15:11	2.64	7.65	1276	7.5	102	4.65	33.9	16	4.55	0.2	8.8	11	1	1.95	129	335	108
Denderm	16.2	2/5/96	9:17	1.65	7.6	1159	6.7	98	5.36	38	22	4.1	0.12	8.05	9.7	0.82	2	129	365	109
StOnolfs	17.1		10:01	2.3	7.6	1158	6.7	97	4.94	35.7	16	4.2	0.18	8.2	10.3	0.87	1.9	129	336	84
Appels	17.2		10:31	2.65	7.5	1157	6.7	97	4.74	34.5	15.5	4.6	0.23	8.3	10.4	0.89	1.8	128	336	68
Uitbergen	18.1		11:27	4.47	7.55	1167	6.8	97	4.34	33.1	12	4.4	0.3	9	10.7	0.93	1.45	127	346	48
Wetteren	19.1		11:27	5.58	7.6	1133	6.6	89	4.31	33.9	8.5	4.1	0.33	8.5	10.1	0.98	1.25	125	349	24
Melle	20.1		12:18		7.55			91		8	8	4.4	0.33	8	9.7	0.96	1.15	126		

Tabel 4: Data van de maand maart 1996

	Code	Datum	Tijd	Temp (°C)	pH	Sp cond (µS/cm)	Salin Cl (mg/l)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	BZV (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	Kjeld-N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	tot P (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Eh (mV)	Turb (NTU)	
Boei 89	9.1	3/12/96	10:17	5	7.65	17800	5580	8.64	71.9	5.5	4	0.1	2.3	2.55	0.26	0.27	795	375	55	
Boei 92	10.1		10:47	5.64	7.6	14900		7.77	64.6	7	4.3	0.13	2.6	3.05	0.15	0.48	710	384	107	
Boei 105	11.1		11:20	5.37	7.5	10000	79.2	2690	5.63	45.6	7	4.6	0.1	3.5	4.8	0.18	0.9	455	376	431
Antwerpen	12.1		11:58	5.37	7.55	4037	26.0	905	3.68	29.1	6	4.7	0.05	4.6	5.4	0.21	0.57	205	331	227
Kruibeke	13.1		12:33	5.63	7.55	1591	9.4	260	2.54	20.1	9.5	4.6	0.06	4.8	5.9	0.27	0.78	114	422	47
Bazel	13.2		12:53	5.8	7.5	1311	7.7	167	2.01	15.9	10	4.4	0.08	4.9	6.5	0.25	1.1	111	447	169
Steendorp	14.1		13:20	5.68	7.55	1212	7.0	135	2.8	22.1	9	4.7	0.09	4.8	6.1	0.28	0.75	110	439	127
Tense	14.2		13:45	5.62	7.6	1146	6.6	102	4.31	33.9	16	5.6	0.11	4.2	6	0.3	1.5	117	508	291
StAmands	15.1		14:30	5.82	7.7	1111	6.4	82	6.45	51	14.5	5.8	0.2	4	6.65	0.42	1.6	120	532	217
Vlassenbr	16.1		15:31	6.25	7.8	1145	6.6	83	6.72	53.7	18	5.4	0.27	5.2	7.7	0.5	1.3	124	515	175
Denderm	16.2	3/13/96	9:33	5.62	7.8	1132	6.6	83	6.59	51.9	16	5.2	0.26	5.5	8	0.52	1.3	125	427	229
StOnolfs	17.1		9:56	5.61	7.75	1139	6.6	93	6.99	55	17	5.1	0.27	5.5	8.2	0.52	1.25	129	410	214
Appels	17.2		10:15	5.61	7.75	1145	6.6	84	6.91	54.4	13	5	0.27	5.5	7.8	0.53	1.25	128	407	73
Uitbergen	18.1		10:58	6.04	7.75	1164	6.7	85	6.84	54.4	14	5.1	0.33	5.6	7.5	0.5	1	135	389	77
Wetteren	19.1		11:28	5.62	7.75	1160	6.7	85	6.84	53.8	13.5	4.9	0.34	5.7	7.8	0.53	0.96	133	392	47
Melle	20.1		12:05	5.77	7.75	1154	6.7	83		13.5	5	5	0.29	5.5	7.5	0.55	0.96	132	409	118

Tabel 5: Data van de maand april 1996

Code	Datum	Tijd	Temp (°C)	pH	Sp cond (µS/cm)	Salin	Cl (mg/l)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	BZV (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	Kjeld-N (mg/l)	PO ₄ ³ -P (mg/l)	tot P (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Eh (mV)	Turb (NTU)
Boei 89	9.1	4/10/96	10:23	7.6	7.65	18490	6850	6.92	61.7	5	3.9	0.17	1.3	1.9	0.17	0.24	941	418	71
Boei 92	10.1		10:52	8.29	7.55	16240	5910	5.4	48.3	4	4.2	0.19	1.5	2.25	0.17	0.3	884	391	40
Boei 105	11.1		11:21	8.32	7.5	13720	4790	4.15	36.8	9.5	4.4	0.2	1.9	2.8	0.17	0.42	737	406	76
Antwerpen	12.1		11:53	8.2	7.45	9850	3250	2.7	23.5	5.5	4.3	0.18	3	4.1	0.2	0.69	528	457	59
Kruibeke	13.1		12:26	8.46	7.55	3979	25.6	0.73	6.2	15	3.1	0.1	5.5	6.75	0.25	0.72	216	443	92
Bazel	13.2		12:46	8.6	7.65	2633	16.3	0.49	4.2	10	2.6	0.16	6.1	7.3	0.28	0.63	161	422	64
Steendorp	14.1		13:12	8.99	7.65	1742	10.4	0.13	1.1	5.5	1.9	0.41	6.4	7.9	0.29	0.57	119	396	30
Temse	14.2		13:36	9.19	7.55	1485	8.7	0.11	0.9	16	1.9	0.43	6.4	8.7	0.32	1.3	123	339	153
StAmands	15.1		14:23	9.43	7.6	1174	6.8	0.59	5.1	23	3.5	0.13	6	8.1	0.46	1.25	126	374	156
Vlaassenbr	16.1		15:28	10.39	7.6	1131	6.5	1.63	14.4	26	3.1	0.19	6.1	8.25	0.78	1.55	131	530	117
Denderm	16.2		15:46	10.61	7.65	1130	6.5	1.59	14.1	24	3.1	0.23	6.25	8.8	0.8	1.55	132	590	101
Denderm	16.2	4/11/96	9:19	10.99	7.65	1126	6.5	1.56	14	16	3	0.24	6.6	8.6	0.81	1.1	133	366	50
StOnolfs	17.1		9:41	11.76	7.6	1121	6.4	1.58	14.4	8	2.9	0.31	6.7	8.6	0.85	1	135	391	20
Appels	17.2		9:58	11.93	7.6	1121	6.4	1.47	13.4	11	2.8	0.35	6.6	8.5	0.85	1.1	134	380	39
Uitbergen	18.1		10:33	13.3	7.6	1151	6.6	1.98	18.7	12	2.25	0.66	6.9	9.1	0.95	1.25	139	383	55
Wetteren	19.1		11:02	13.72	7.6	1155	6.6	1.81	17.2	9	2.15	0.75	6.9	9.6	0.99	1.3	138	359	39
Melle	20.1		11:31	13.4	7.6	1148	6.5	1.99	18.8	9	1.8	0.87	7	9.3	1	1.35	138	394	43
Bovenssch		4/10/96	8:40	13.4	7.5	1065	87	0.82	8.5	16	2.25	0.92	6.7	8.85	0.91	1.15	137		
Durne			9:05	9.8	7.7	1130	107	3.18	28.2	31	2.45	0.09	7.5	10.5	0.41	1.35	111		
Dender			10:00	9.9	7.8	1145	111	6.39	56.3	12.5	1.85	0.1	5.5	7.7	0.91	1.1	120		
Rupel			11:15	9.9	7.6	1520	268	6.77	70	6	1.6	0.54	6.5	8.1	0.32	0.48	116		

Tabel 6: Data van de maand mei 1996

	Code	Datum	Tijd	Temp (°C)	pH	Sp cond (µS/cm)	Salin	Cl (mg/l)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	BZV (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	Kjeld-N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	tot-P (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Eh (mV)	Turb (NTU)
Boei 89	9.1	5/8/96	10:27	12.53	7.7	22200		6750	6.52	65	4.5	4.7	0.09	0.24	0.63	0.21	0.3	1020	356	11
Boei 92	10.1		11:05	13.03	7.6	19300		6110	4.2	41.9	4	5	0.15	0.32	0.75	0.21	0.45	890	360	46
Boei 105	11.1		11:46	13.21	7.6	14500		4340	1.42	14	7.5	5.1	0.27	0.88	1.5	0.27	0.69	688	357	63
Antwerpen	12.1		12:20	13.53	7.55	7670	51.2	2110	0.4	3.8	15	3.2	0.19	3.6	4.5	0.36	0.96	379	353	77
Kruibeke	13.1		13:00	13.83	7.7	2880	17.7	629	0.53	5	13	1.3	0.1	6.1	7	0.39	0.75	169	343	34
Bazel	13.2		13:23	13.87	7.7	2030	12.1	380	0.27	2.6	13	1	0.15	6.6	7.7	0.42	0.9	136	335	64
Steendorp	14.1		13:51	13.81	7.7	1640	9.7	261	0.2	1.9	11	1.1	0.22	6.75	8.1	0.46	1.1	120	337	57
Temse	14.2		14:30	14.50	7.8	1440	8.3	190	0.38	3.7	9.5	1.95	0.15	6.8	7.9	0.51	0.84	125	325	71
StAmands	15.1																			
Vlassenbr	16.1	5/7/69		15.00	7.95	1210		105 v		13	2	2	0.23	6.9	8.5	0.74	0.99	127		
Denderm	16.2			15.00	7.85	1200		100 i		24	2	2	0.24	7	8.5	0.82	1.4	120		
StOnofis	17.1			14.90	7.85	1190		98 r		16	1.5	1.5	0.32	7.7	9.4	0.95	1.3	130		
Appels	17.2			15.10	7.9	1200		98 u		14	1.5	1.5	0.34	7.9	9.5	1	1.3	129		
Uitbergen	18.1			15.00	7.85	1240		105 s		15	1.5	1.5	0.4	9.1	10.9	1.15	1.5	131		
Wetteren	19.1			15.10	7.85	1220		103		19	1.4	1.4	0.75	8.8	8.8	1.15	1.35	132		
Melle	20.1			15.10	7.85	1190		96		18	1.3	1.3	0.96	8.7	10.7	1.1	1.6	129		
Bovenssch			7:15	13.70	7.65	935		70	1.04	10.1	9.5	1.9	0.86	7.2	8.9	0.78	1.05	105		
Durme			8:15	12.90	7.85	1230		115	2.78	26.3	23	1.8	0.12	8.1	10.9	0.57	1.5	115		
Dender			9:15	13.20	7.85	1130		98	1.88	17.3	9	0.8	0.21	5.6	7.6	0.81	1.1	98		
Rupel			10:15	13.60	7.75	1870		342	0.72	7.4	7	0.8	0.21	6.7	7.5	0.43	0.63	342		

Tabel 7: Data van de maand juni 1996

Code	Datum	Tijd	Temp (°C)	pH	Sp cond (µS/cm)	Salin	Cl (mg/l)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	BZV (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	Kjeld-N (mg/l)	PO ₄ ³ -P (mg/l)	tot-P (mg/l)	SO ₄ ² (mg/l)	Eh (mV)	Turb (NTU)
Hansweert	6/4/96	11:21	15.39	7.95	31300		11070	10.33	114.7		2.5	0.06	0.13	0.66	0.22	0.22	1600	296	18
Perkpolder		11:37	15.5	7.95	29400		9960	9.55	105.3		2.95	0.06	<0.08	0.57	0.22	0.24	1500	346	19
Baathoek		12:05	15.94	7.75	25500		8430	7.72	84.6		3.7	0.05	<0.08	0.63	0.24	0.3	1300	385	39
Bath		12:31	16.46	7.6	22500		7400	6.05	66.1		4.3	0.04	<0.08	0.57	0.21	0.42	1140	389	59
Boei 89	9.1	13:04	16.76	7.5	18100		5700	2.49	27		5.2	0.03	<0.08	0.63	0.22	0.36	840	398	35
Boei 92	10.1	13:29	16.71	7.35	13700		4230	0.63	6.7		5.9	0.03	<0.08	0.75	0.27	0.45	714	367	29
Boei 105	11.1	13:53	16.89	7.35	6760		1890	0.45	4.7		5.5	0.18	1.2	1.3	0.33	0.51	350	383	27
Antwerpen	12.1	14:17	17.59	7.65	2580		572	0.51	5.3		1.75	0.26	5.2	6	0.34	0.57	153	399	16
Krubeke	13.1	14:41	18.04	7.4	1730		316	0.48	5		2.75	0.36	4.5	4.7	0.42	0.87	119	401	28
Bazel	13.2	14:58	18.63	7.3	1500		252	0.2	2.2		3	0.28	4.3	4.3	0.5	1.35	108	393	39
Steendorp	14.1	15:15	18.52	7.2	1320		191	0.76	8		4.45	0.46	3.3	3.5	0.47	1.4	110	390	85
Ternse	14.2	15:30	18.51	7.2	1180		147	0.48	5.1		5.95	0.72	1.8	2	0.46	1.4	110	403	74
StAmands	15.1																		
Vlassenbr	16.1	6/5/96	9:24	19.08	7.6	1020	94	0.38	4		3.85	0.67	4.1	4.8	0.54	0.81	109	305	19
Denderin	16.2	9:41	19.22	7.4	975		109	0.47	5		5	0.59	2.7	2.7	0.62	0.99	112	320	36
StOnolis	17.1	10:01	19.48	7.65	970		82	0.65	6.9		3.05	0.46	4.65	5.55	0.73	0.9	110	334	15
Appels	17.2	10:29	19.58	7.5	960		77	0.41	4.4		3.2	0.59	4.4	5.25	0.79	0.96	110	341	18
Uitbergen	18.1	11:15	20.03	7.5	940		70	0.56	6		3.5	0.42	4.7	5.5	0.86	0.99	112	350	24
Wetteren	19.1	11:55	20.61	7.45	980		77	0.58	6.3		3.8	0.4	5	5.9	0.91	1.2	117	358	15
Melle	20.1	12:26	21.41	7.45	1030		84	0.68	7.6		3.15	0.32	5.55	6.6	0.98	1.3	118	358	23
Bovenssch		7:15	21.3	7.55	1020		82	1.74	19.4		1.75	0.78	6.1	6.45	1	1.1	119		
Durme		8:15	18.3	7.3	1050		105	0.9	9.6		4.8	1.1	3.5	4.15	0.45	1.4	112		
Dender		9:15	19.2	7.5	1050		99	2.93	30.6		0.81	0.37	6.9	8.3	0.93	1.2	97		
Rupel		10:15	18.4	7.2	1510		230	0.65	6.5		3	0.58	4	4.2	0.52	1.15	113		

Tabel 8: Data van de maand juli 1996

Lokatie	Code	Datum	Tijd	Temp (°C)	pH	Sp cond (µS/cm)	Cl (mg/l)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	BZV (mg/l)	DTC	DIC	DOC	NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	NO ₂ ⁻ -N (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	Kjeld-N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	tot-P (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	SiO ₂ (mg/l)	Turb (NTU)	Eh (mV)
Boei 89	9.1	7/9/96	10:43	18.43	7.80	21500	7085	6.28	71.0	3.5	42.72	31.00	11.72	3.7	0.08	0.13	0.75	0.21	0.30	1012	1.8	14	366
Boei 92	10.1		11:11	18.42	7.75	23800	7870	5.97	67.7	2.0	41.50	32.88	8.62	3.7	0.07	0.15	0.86	0.23	0.38	1135	1.5	19	381
Boei 105	11.1		11:38	18.73	7.75	20700	6580	5.32	60.3	3.0	42.17	33.56	8.61	4.1	0.07	0.09	0.75	0.23	0.34	993	1.7	16	383
Apen	12.1		12:05	18.52	7.65	18000	5665	4.32	48.2	4.0	43.07	35.70	7.37	4.3	0.08	0.08	0.75	0.23	0.34	858	1.3	16	396
Krabbek	13.1		12:38	18.59	7.60	11600	3435	2.00	21.8	4.5	46.86	38.13	8.73	4.6	0.18	0.16	1.13	0.25	0.41	536	1.0	15	376
Bazel	13.2		12:59	18.53	7.75	7790	2220	0.79	8.5	7.5	49.42	40.13	9.29	4.4	0.27	0.22	1.58	0.25	0.49	380	0.8	20	381
Steedorp	14.1		13:25	18.65	7.95	4200	1070	1.50	16.0	16.0	52.72	42.83	9.89	3.5	0.37	0.74	2.6	0.25	0.60	200	1.1	17	383
Tenise	14.2		13:53	18.47	7.75	2760	637	0.78	8.2	20.0	50.12	45.91	4.21	2.8	0.32	1.5	4	0.29	0.94	153	1.4	25	415
StAmands	15.1																						
Vlaassenbr	16.1	7/10/96	9:48	18.69	8.30	1220	120	0.48	5.0	27.0				5.0	0.69	2.3	5.5	0.88	1.50	127	1.7	42	323
Denderm	16.2		10:02	18.74	8.10	1200	117	0.32	3.4	28.0	59.34	53.69	5.65	5.2	0.72	2.3	6.3	0.87	1.90	125	1.5	86	318
StOnolfs	17.1		10:21	18.88	8.20	1200	113	0.48	5.0	29.0	58.82	52.87	5.95	4.8	0.84	2.8	6.5	0.83	1.80	126	1.3	76	319
Appels	17.2		10:39	19.40	8.00	1210	113	1.11	11.8	32.0	59.79	53.76	6.03	4.3	0.84	3.5	6.5	0.87	1.55	127	1.8	31	323
Uitbergen	18.1		11:20	19.57	7.95	1200	111	1.03	11.1	36.0	62.50	56.09	6.41	3.1	0.70	5	7.5	1.00	1.60	121	4.8	44	325
Wetteren	19.1		11:52	19.96	7.85	1180	104	1.46	15.8	35.0	62.41	56.82	5.59	2.5	0.82	5.6	7.6	1.00	1.55	118	7.9	33	335
Melle	20.1		12:19	20.35	7.90	1180	103	3.44	37.5	32.0	65.32	58.64	6.68	1.8	0.82	6.3	8.1	0.99	1.46	109	11.7	46	341
Bovenssch			8:00	20.70	7.90	1140	94	3.60	35.6	15.0	63.46	56.98	6.48	1.8	1.00	6	7.2	0.97	1.24	118	12.3		
Durme			9:00	18.80	8.35	1460	211	7.30	77.1	24.0	49.11	39.72	9.39	6.1	0.30	0.22	4.5	0.40	1.28	123	1.2		
Dender			9:45	18.50	8.20	1440	156	4.27	45.5	24.0	55.24	48.17	7.07	0.1	0.07	10.5	13	2.30	2.70	145	14.8		
Rupel			10:50	17.40	7.45	1580	309	0.49	4.9	32.0	72.57	64.05	8.52	0.1	0.06	6	7.6	0.38	1.05	89	8.6		

Tabel 9: Data van de maand augustus 1996

Lokatie	Code	Datum	Tijd	Temp (°C)	pH	Sp cond (µS/cm)	Sal	Cl	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	BZV (mg/l)	DTC	DIC	DOC	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	Kjeld-N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	tot-P (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	SiO ₂ (mg/l)	Turb (NTU)	Eh (mV)
Boei 89	10.1	8/13/96	10:18	20.81	7.50	23400		8410	4.61	55.4	2.5				3.1	0.12	0.18	<0.30	0.25	0.26	1180	1.58	25	290
Boei 92	11.1		10:51	20.69	7.46	20800		7220	3.14	37.5	3.0				3.6	0.12	0.14	<0.30	0.24	0.24	1050	1.55	14	380
Boei 105	12.1		11:20	20.56	7.41	13800		4510	1.37	15.9	2.5				4.1	0.10	0.2	0.41	0.27	0.34	657	1.06	18	371
A'pen	13.1		11:51	20.71	7.45	7310		2340	0.79	8.9	7.0				4.1	0.04	0.12	1.28	0.34	0.56	341	0.96	18	366
Kruikeke	13.2		12:22	20.69	7.53	4040		1060	0.50	5.7	12.0				3.3	0.14	0.69	2.44	0.41	0.71	184	2.34	25	343
Bazel	14.1		12:41	20.57	7.53	3280		830	0.22	2.4	15.5				2.7	0.27	1.4	3.04	0.48	0.83	154	3.53	43	278
Steedorp	14.2		12:57	20.60	7.53	2950		717	0.36	4.0	10.0				4.1	0.22	0.19	2.29	0.43	0.75	146	1.84	28	329
Tenise	15.1		13:22	20.58	7.55	2580		589	0.21	2.4	9.5				5.2	0.04	0	1.99	0.39	1.24	143	1.15	111	325
StAmands	16.1		14:10	20.61	7.65	1600		257	0.53	5.9	8.5				6.8	0.14	0	1.88	0.58	1.00	128	0.89	46	341
Vlassenbr	16.2		15:01	20.59	7.65	1130		122	0.57	6.4	13.0				6.2	0.26	1.1	2.89	0.90	1.28	113	1.75	31	315
Vlassenbr	16.2	8/14/96	9:30	20.31	7.54	1077		110	0.27	3.0	21.0				5.1	0.42	1.85	4.65	0.84	1.58	116	2.75	89	237
Denderm	17.1		9:49	20.42	7.56	1054		101	0.23	2.5	20.0				4.5	0.46	2.2	4.35	0.88	1.50	117	3.68	52	241
Stomollis	17.2		10:19	20.47	7.55	1046		98	0.28	3.1	25.0				3.1	0.42	3.3	5.21	0.96	1.46	117	6.87	36	266
Appels	18.1		10:43	20.55	7.55	1052		101	0.22	2.4	25.0				3.0	0.25	3.3	5.4	1.03	1.73	110	7.94	18	269
Uitbergen	19.1		11:41	20.79	7.57	1004		93	0.42	4.6	29.0				2.8	0.13	2.5	5.63	1.06	1.80	101	6.83	36	279
Wetteren	20.1		12:24	20.61	7.53	983		91	1.15	12.7	26.0				2.0	0.09	3.3	6.34	1.15	1.69	99	6.32	3	283
Melle			13:02	21.03	7.52	961		87	1.91	21.3	24.0				3.2	0.22	2.9	5.51	0.99	1.35	97	6.11	3	292
Bovenssch			8:01	20.50	7.45			100	1.55	17.4	23.0				4.6	0.14	2.8	4.88	1.04	1.43	106	8.10		
Durme			16:00	19.90	7.35			171	0.87	9.6	40.0				0.0	0.00	13.5	17.9	2.33	3.79	62	12.80		
Dender			9:08	20.40	8.50			157	1.95	20.4	54.0				0.1	0.38	7.55	12.5	1.74	2.70	98	6.61		
Rupel			10:10	19.60	7.35			522	2.47	27.7	36.0				0.3	0.06	5.4	8.4	0.87	2.40	116	6.80		

Tabel 10: Data van de maand september 1996

Lokatie	Code	Datum	Tijd	Temp (°C)	pH	Sp cond (µS/cm)	Cl (mg/l)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	BZV (mg/l)	DTC	DIC	DOC	NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	NO ₂ ⁻ -N (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	Kjeld-N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	tot-P (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	SiO ₂ (mg/l)	Turb (NTU)	Eh
Boet 89	9.1	9/3/96	10:27	19.36	7.60	20100	6760	3.39	39.2	3.5	35.18	30.31	4.87	3.1	0.10	0.17	0.52	0.26	0.30	991	2.1	18	359
Boet 92	10.1		11:08	19.54	7.45	16200	5220	2.06	23.5	4.5	32.47	31.05	1.69	3.3	0.15	0.15	0.71	0.29	0.38	782	2.3	32	337
Boet 105	11.1		11:46	18.91	7.55	8640	2600	0.43	4.6	9.5	33.44	31.52	1.92	3.4	0.19	0.37	1.7	0.35	0.94	405	2.3	120	332
A'pen	12.1		12:28	17.92	7.85	3330	843	0.71	7.4	11.0	31.06	27.39	3.67	3.3	0.22	0.95	3.3	0.31	0.64	155	3.0	66	310
Kruibeke	13.1		13:01	17.08	7.55	928	144	0.56	5.8	10.0	29.24	25.27	3.97	3.4	0.25	1.7	3	0.31	0.49	76	6.0	33	428
Bazel	13.2		13:28	16.75	7.40	728	93	0.49	5.0	16.0	28.11	24.84	3.27	3.6	0.27	2	3.4	0.32	0.94	71	7.4	127	357
Steendorp	14.1		13:54	16.55	7.35	686	76	0.46	4.6	16.0	29.87	24.88	4.99	3.6	0.32	2.35	3.7	0.35	1.05	68	8.3	156	408
Temse	14.2		14:22	16.62	7.30	680	68	0.49	5.0	19.0	31.41	26.70	4.71	3.9	0.30	2.6	4.05	0.43	1.24	69	8.4	130	412
StAmunds	15.1																						
Vlassenbr	16.1	9/4/96	9:57	16.60	7.40	660	54	0.44	4.4	19.0	36.11	29.34	6.77	3.9	0.45	3.1	4.9	0.56	0.94	71	8.4	55	291
Denderm	16.2		10:17	16.62	7.40	658	54	0.46	4.6	14.0	35.49	29.32	6.17	3.9	0.50	3	4.3	0.59	1.09	71	8.1	82	287
StOnolfs	17.1		10:33	16.64	7.35	655	52	0.45	4.5	18.0	35.47	29.63	5.84	3.8	0.55	3	3.45	0.62	1.12	72	8.3	100	264
Appels	17.2		10:53	16.64	7.35	660	53	0.47	4.7	16.0	36.37	30.12	6.25	3.9	0.56	3	3.5	0.65	1.12	72	8.6	85	266
Uitbergen	18.1		11:27	16.57	7.40	637	47	1.26	12.7	11.0	37.45	31.12	6.33	3.8	0.48	3	3.9	0.65	0.82	71	9.1	91	286
Wetteren	19.1		12:00	16.58	7.40	626	44	2.29	23.0	13.0	37.47	30.80	6.67	3.8	0.40	2.9	3.9	0.60	1.01	69	9.5	71	295
Melle	20.1		12:25	16.57	7.40	605	41	3.58	36.0	10.0	36.50	30.49	6.01	3.8	0.35	2.65	4.1	0.57	0.94	66	9.7	73	300
Bovenssch			0:34	15.80	7.30	572	37	3.45	34.2	3.5	35.37	29.74	5.63	4.0	0.32	2.3	2.9	0.47	0.53	61	9.7		
Durme			8:56	15.70	7.45	813	81	0.94	9.3	21.0	43.40	34.98	8.42	2.3	0.26	4.3	5.5	0.48	1.84	88	9.4		
Dender			9:33	15.90	7.20	577	44	2.81	28.0	6.5	36.58	27.00	9.58	2.8	0.26	2.2	3.3	0.45	0.56	69	10.2		
Rupel			10:19	16.60	7.35	711	86	0.86	8.8	11.0	32.64	25.71	6.93	3.3	0.28	2.2	2.4	0.31	0.34	70	7.8		